



ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2012. 61. 1.

Alapítás éve: 1952

Állattenyésztés — tartás — takarmányozás



...böző fajtájú
...szkancák élősúlya
...stméretei

› A szarvasmarha DGAT1
gén 232A polimorfizmus
hatása a tejtermelésre

› A szívritmus-variancia
analízis szarvasmarhában
(irodalmi áttekintés)

› Mikroszatellit
markervizsgálatok
házi méhben



**TISZTELT
LÁTOGATÓ!**

Udvözölöm honlapunkon, mint a VM Vidékefejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet (VM VKSZI) főigazgatója és a Vidékefejlesztési Minisztérium (VM) által alapított tudományos lapok kiadója.

[illegible]

Intézkedések tevékenységében a vidékfejlesztés területén ismertetendő az Új Magyarország Vidékfejlesztési Program (UMVP) és a Dársány Ignác Társulati Kommunikációs Feladatának ellátása. Ebben jelentős szerepet kap különböző rendezvények, fórumok és közösségépítési szervezés és tevékenység. Igénlő fontos az is, hogy a vidékfejlesztésben a LEADER helyi akciócsoportokkal kapcsolatos folyamatos monitoring tevékenység végzőit. Ennek eredménye reményeink szerint, hogy az akciócsoportok munkája, valamint a vidékfejlesztés megítélése is javul országos és európai szinten egyaránt.



www.agrarlapok.hu

TISZTELT OLVASÓ!

A gazdasági válság következtében kialakult kedvezőtlen környezet a tudomány világában is tapasztalható, azonban reményre ad okot, hogy az agrárium továbbra is életképes, a magyar mezőgazdaságnak és a vidékfejlesztésnek van jövője. Mivel hazánkban egy különösen fontos stratégiai ágazatról van szó, a mezőgazdaság problémája egyben az egész ország problémája is, valamint a népesség növekedésével az agrártudomány igen komoly feladatok előtt áll. A szakmai folyóiratok e küldetéshez nyújthatnak segítséget.

Az idei évtől a VM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet (VKSZI) a kiadója kilenc Vidékfejlesztési Minisztérium által alapított agrárszaklapnak, így az *Állattenyésztés és Takarmányozásnak* is. Bízunk benne, hogy a folyóirat kielégíti szakmai érdeklődését és több olyan cikket is talál benne, amely segíti munkáját. Arra törekszünk, hogy követve a hagyományokat, ezek a kiadványok továbbra is az agrártudományok színvonalas fórumai legyenek és biztosítsák a tudományos műhelyekben, valamint a doktori iskolákban zajló kutatások eredményeinek közzétételét a szakmai közvélemény számára.

Reméljük, hogy közös erőfeszítéseink segítve az agrártudományt sikeressé teszi a magyar mezőgazdaságot. Ehhez kívánunk mindenkinek eredményes kutatómunkát!

Üdvözlettel:



Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid
VM VKSZI főigazgató

BEVEZETÉS

Közismert, hogy az intenzív termelési rendszerekben tartott haszonállat-állományokban a technológiai környezet bizonyos elemei akadályozhatják az állatok élet- vagy termelési szükségleteinek kielégítését, és ebből kifolyólag a szervezetre stresszorokként hatnak. Ez a szervezet élettani egyensúlyának felborulását okozhatja, melynek következtében romlik az állatok közérzete, ami negatívan befolyásolhat számos gazdasági szempontból jelentős termelési mutatót.

Ha azt kívánjuk elérni, hogy állományaink genetikailag meghatározott érték-mérő tulajdonságai az adott fajok és genotípusok adottságainak megfelelően érvényre jussanak, biztosítanunk kell ehhez a megfelelő termelési körülményeket, ugyanis elsősorban a technológiai környezet határozza meg az állatok jólétét.

Az állatok közérzetét negatívan befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata az elmúlt évtizedben egyre inkább terjedő intenzív tartástechnológiák bevezetésével párhuzamosan felértékelődött. Ennek következménye, hogy az utóbbi időben az állatok jóllétével kapcsolatos kutatások az egész világon előtérbe kerülnek. A viselkedéselettani vizsgálatok legfőbb célja az állati szervezetre ható környezeti tényezők által előidézett stresszállapotok viselkedési és fiziológiai összefüggéseinek feltárása, valamint a kettő kapcsolatának leírása.

A XX. század végére számos kutatás igazolta, hogy a környezethatások, valamint a csoportos tartásból fakadó szociális interakciók hatásai jól kimutathatók az állatok etológiai és fiziológiai paraméterváltozásaival. Háziállat fajokban a különböző hormonok és egyes vérparaméterek meghatározása ugyan már régóta elfogadott módja a stressz kimutatásának (*von Borell, 2000*), az adatfelvétel ilyen formája azonban több problémát is felvet: a minták gyűjtésekor számolnunk kell az állat felé irányuló negatív-visszacsatolással, valamint nincs lehetőségünk a folyamatos és hosszú távú mérések kivitelezésére. Az ezredforduló után napvilágot látott publikációk tanúsága szerint a szívritmus és a szívritmus-variancia vizsgálatával a fent említett két nehézség áthidalható. E módszerek közül az előbbi ráadásul ma már a stressz kimutatásának elfogadott módja gerinces állatokban (*Porges, 1995*). Cikkünk megírásához az adta a motivációt, hogy noha a szívritmus-variancia kutatása a humán gyógyászatban már az 1980-as évek közepére nyúlik vissza, a vegetatív idegrendszer ily módon nem invazív vizsgálatára az állattenyésztésben napjainkig viszonylag kevés törekvés irányult. Tanulmányunkban ezért figyelemfelkeltő szándékkal számolunk be a szívritmus-variancia vizsgálatának állattenyésztésben való alkalmazhatóságáról, ugyanis a stressz kimutatásának erről a módjáról eddig jobbra csak külföldi szaklapokból tájékozódhatott az olvasó. Összefoglaló munkánk első közleményében a szívritmus-variancia mérésének módszertani kérdéseit tárgyaljuk, elsősorban szarvasmarhában, különös figyelmet szentelve az adatelemzés módszereinek. Megismertetjük az olvasót a vizsgálatok élettani alapjaival, valamint a szívritmus-variancia stresszindikátorként való alkalmazhatóságával és elterjedésével mind a viselkedéselettani, mind az alkalmazott állattenyésztési kutatásokban.

A SZÍVRITMUS-VARIANCIA VIZSGÁLATÁNAK BIOLÓGIAI ALAPJAI

A szívritmus

A szívritmus (heart rate, HR) a percenkénti szívverések száma, más néven: pulzus. A HR a viselkedéssel párhuzamosan zajló belső történések feltárásának egyik legáltalánosabban használt indikátora, hiszen a szív igen gyorsan reagál az egyed állapotában bekövetkező változásokra (Tóthné Maros és mtsai, 2010). Változékonnyá létező paraméter, szinte az összes külső és belső környezeti inger, amivel az állat egy adott időben szembesül, hatással lehet rá (Wascher és mtsai, 2008). Mérésének alapja, hogy a szív működésének kapcsán fellépő elektromos aktivitás az egész testben elektromos erőteret létesít, amely megfelelő érzékenységgel feszültség-regisztráló készülékkel a testfelszínen elhelyezett elektródákkal mérhető. Állattenyésztési és viselkedéstudományi kutatásokban való népszerűsége abból adódik, hogy monitorozása technikailag viszonylag könnyű, az orvostudományban igen régóta alkalmazott EKG-, illetve artériás pulzuszámolással alapszik. A módszer viselkedéstani kutatásokban való alkalmazásának létjogosultságát több tanulmány is alátámasztja (Porges, 1995; Hopster és mtsai, 1995; Minero és mtsai, 2001; Loijens és mtsai, 2002). A szerzők szerint a vegetatív idegrendszer tónusát jól tükröző HR mérése a stressz vizsgálatának egyik elfogadott módja gerinces állatokban. Hopster és Blokhuis (1994) megállapították, hogy a HR változásai a szervezetnek a külső környezet változásaihoz való adaptációját tükrözik. Fontos megemlíteni azonban azt is, hogy a HR szarvasmarhában – a többi állatfajhoz hasonlóan – rendkívül sok tényező által meghatározott élettani változó. Aktuális értékét az állat kora, származása, tartási és tenyésztési körülményei, neme, illetve mentális és fiziológiai terheltsége vagy státusza is befolyásolhatja (Janžekovič és mtsai, 2006).

A szívritmus-variancia és a stressz

Az EKG két szomszédos R-hulláma között eltelt időt RR-intervallumnak, másképpen fogalmazva két szívverés között eltelt időnek (inter-beat interval, IBI) nevezzük, melynek mértékegysége a millisekundum (ms). Percenkénti 60-as HR-nél tehát az IBI hossza 1 sec, vagyis 1000 ms. A szívritmus-variancia (heart rate variability, HRV) alapja, hogy egészséges állatoknál az egymást követő IBI-jelek nem egyforma hosszúságúak és folyamatos változásuk jól tükrözi az állatok pszichofiziológiai állapotát (Tóthné Maros és mtsai, 2010). Normális körülmények között ugyanis sajátos periodicitások figyelhetők meg az IBI-sorozaton (1. ábra).

A HRV eredete ugyanakkor még ma sem ismert teljes egészében. Egy human kutatás szerint a HRV-t döntően két tényező határozza meg: a szinuszcsoport

1. ábra A szarvasmarha EKG-görbéje (Minero és mtsai, 2001)

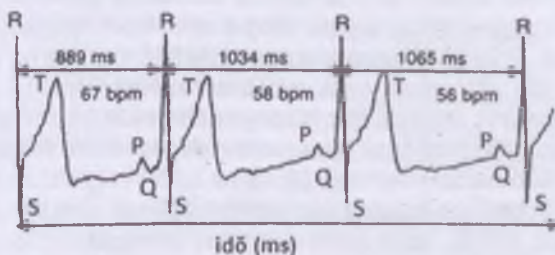


Figure 1. EKG waves in cattle The (Minero et al, 2001)
time (ms) (horizontal axis); bpm: beats per minute

pacemaker sejtjeinek ingerleadási frekvenciája és az azt moduláló vegetatív idegrendszeri tónus (Kanters és mtsai, 1996), vagyis elmondható, hogy a HRV a vegetatív idegek aktivitásának függvénye. A HR-változások tehát elsősorban a szinusz-csomó ellenőrzése alatt állnak, melyet a vágusz, illetve a szívhez futó szimpatikus idegek befolyásolnak. A szimpatikus idegrendszer serkenti, míg a paraszimpatikus gátolja a szinusz-csomó spontán ingerképzési frekvenciáját. Ennek tükrében megfogalmazható, hogy a HRV a szinusz-csomó ingerleadási frekvenciájának ciklikus változása az idő függvényében.

A HRV állatélettani és állatetológiai kutatásokban való jelentőségét az állat szervezetének különböző, stresszt előidéző külső hatásokhoz (stresszorokhoz) való adaptációjának vizsgálata adja. Maga a stressz fogalma az 1930-as években vált ismertté Selye János világhírű biológus, stresszkutató munkássága nyomán. Az ő nevéhez fűződik a stressz – stresszor – stresszreakció fogalomrendszerén alapuló stresszelmélet leírása (Selye, 1976), mely alapján: „a stressz a test nem specifikus válasza a testet ért igénybevételekre”. Selye a stresszor hatására bekövetkező testi reakciók összességét Általános Adaptációs Szindrómának (General Adaptation Syndrome, GAS) nevezte, melynek lényege, hogy a stresszor megjelenésekor a szervezetben ún. alarmreakció játszódik le, mely meglepően egységes képet mutat a konkrét stresszor természetétől függetlenül. A meghatározás szerint a stressz három egymástól jól elkülöníthető fázisa alkotja a teljes általános adaptációs tünetegyüttest (alarm – rezisztencia – kimerülés). Az alarmreakció során a vér adrenalin- és kortizol-szintjének növekedése következtében gyorsul a szívverés, nő a vérnyomás, mely az izmok oxigénellátását serkenti, ezáltal a szervezet felkészül a fokozott teljesítményre. Az ellenállási szakaszban – amennyiben a stresszor folyamatos hatása mellett lehetséges az alkalmazkodás – kifejlődhet a megfelelő ellenállás. Az alarmreakció jelei látszólag eltűnnek, és az ellenállóképesség a normális szint fölé emelkedik. A harmadik fázis a kimerülés szakasza, mely során az alkalmazkodási energia kimerül, ha a szervezetet túlságosan hosszú ideig túlságosan erős stresszor hatása éri. A stresszor hatására tehát az állat szervezete először egy igen gyorsan kialakuló vészreakcióval reagál. Az általunk tanulmányozott kutatások az ebben a stádiumban regisztrált élettani történéseket (az alarmra adott válaszokat) vizsgálják, melyek elemzése azon alapul, hogy az e szakaszra jellemző növekvő szimpatikotónust a HR növekedése mellett a HRV bizonyos paramétereinek jellegzetes változásai kíséri.

A HRV stresszindikátorként való alkalmazása tehát a keringési rendszer beidegződésén alapul. A szív működését ugyanis alapvetően a vegetatív idegrendszer két nagy alrendszere, illetve tónusuk szabályozza. A szimpatikus rendszer a fentiek szerint elsősorban az alarmban jelentkező vészreakciókat vezérli, míg a paraszimpatikus ágak főleg a szervezet nyugalmi állapotát szolgáló funkciói vannak. E kettő állandó kölcsönhatásban van, de ez nem feltétlenül derül ki akkor, ha a szív aktivitását csak a HR mérésével rögzítjük (Porges, 1995; Marchant-Forde és mtsai, 2004b). Bár bizonyos esetekben ez is sok információval szolgálhat, monitorozásával csak a vegetatív idegrendszer két ágának interakciójából származó eredő hatás mérhető. Mivel az adott vegetatív választ a vegetatív idegrendszer szimpatikus és paraszimpatikus ágának aktuális egyensúlya határozza meg (Porges, 1995), ezért a HR-vizsgálat önmagában nem nyújt elegendő információt egy adott eseményhez tartozó viselkedési reakció hátterében zajló idegi folyamatokról. A HRV mérésével, ezzel szemben egy időben követhetjük nyomon a szimpa-

tikus és paraszimpatikus idegi aktivitást, továbbá lehetőségünk nyílik ezek szétválasztására is (*von Borell és mtsai*, 2007), így módunk van a vegetatív idegek aktuális aktivitásának felmérésére is. A HR periodikusan jelentkező változásai ugyanis mind a szívet beidegző vágusz, illetve a szimpatikus idegek aktivitásának következményei. Ha tehát sikerül egymástól elkülöníteni ezeket a különböző periódusidővel rendelkező ritmicitásokat, és ki tudjuk deríteni, hogy melyiket melyik ideg hozza létre, akkor a HRV-t a szimpatikus, illetve paraszimpatikus aktivitás indikátoraként alkalmazhatjuk. Mivel stresszhelyzetben a paraszimpatikus hatás általában lecsökken, a szimpatikus hatás pedig felerősödik (*Porges*, 1995), a fentiekből következően a HRV a tartástechnológiából adódó különböző stressztényezők állati szervezetre gyakorolt hatásainak mutatója is lehet.

A SZÍVRITMUS-VARIANCIA KUTATÁSA

A HRV kutatása jelenlegi ismereteink szerint a XVIII. századig nyúlik vissza. Az első e témában íródott tanulmány Hales nevéhez fűződik, aki először számolt be egy publikációjában az artériás vérnyomás kvantitatív méréséről. Munkájában többek között leírta a légzési ciklusok, a vérnyomás és a két egymást követő szívösszehúzódás közötti összefüggéseket. A HRV klinikai jelentőségre azonban csak az 1960-as évek közepére tett szert. A témában kutatók közül elsőként *Hon és Lee* (1965) számoltak be a humán orvoslásban nagy horderejű eredményekről. Tanulmányukban leírták, hogy a magzati distressz kialakulását megelőzően az IBI-sorozatban változás jelentkezik anélkül, hogy ez HR-ben is kimutatható lenne.

Az ezt követő jelentősebb kutatások (*Sayers*, 1973; *Luczak és Lauring*, 1973; *Hirsh és Bishop*, 1981) középpontjában a HR jelsorozat, és ezen belül is az IBI-jelek változékonyságának hátterében zajló fiziológiai történések feltérképezése állt. *Ewing és mtsai* (1985) az 1970-es években számos egyszerű módszert dolgoztak ki az IBI-jelek rövid távú változásainak kimutatására cukorbetegéken autonóm neuropátia (a vegetatív idegrostok károsodása) megállapítása céljából.

1981-ben *Akselrod és mtsai* bemutatták a HR-változások frekvenciatartományban való elemző módszerét, a spektrális analízist, amellyel lehetőség nyílt az IBI-jelek kardiovaszkuláris szabályozásának kvantitatív megállapítására. E módszer megalkotása hozzájárult az EKG-n az IBI-jelek periodikus váltakozásait előidéző vegetatív idegrendszeri folyamatok megértéséhez és értékeléséhez (*Pomeranz és mtsai*, 1985; *Pagani és mtsai*, 1986).

Bár az infarktus utáni halálozás és a csökkenő HRV közötti összefüggést *Wolf és mtsai* már 1977-ben leírták, a HRV módszerét az orvostudományban csak az 1980-as évek végétől kezdték kutatási céllal alkalmazni. Addigra több tanulmányban is igazolást nyert, hogy a HRV egyéb élettani változóktól függetlenül értékelhető előrejelzője az akut szívizominfarktus után bekövetkező hirtelen szívhalálnak (*Kieiger és mtsai*, 1987; *Malik és mtsai*, 1989; *Láng*, 1994).

Ezeket a megállapításokat támasztja alá *Stein és mtsai* (1994) közleménye, amely szerint a csökkenő HRV-értékek mind a szívizominfarktust elszenvedett, mind az előrehaladott szívkoszorúér megbetegedéssel diagnosztizált pácienseknél kockázati tényezőt jelentenek. A kutatók szerint a HRV csökkenése kapcsolatban áll a cukorbetegséggel és az alkoholos szívizombetegséggel is.

Ezek az eredmények a módszer gyakorlatban való alkalmazását sürgették. Ennek következménye, hogy az elmúlt két évtizedben egyre inkább előtérbe került hirtelen szívhalál, diabéteszes autonóm neuropátia, valamint magas vérnyomás és a háttérükben álló vegetatív funkciós problémák kapcsolatát vizsgáló tanulmányok többségében már a HRV elemző módszereit találjuk (*Malik és mtsai, 1996*). Ezek a kutatások megerősítik, hogy a HRV spektrális analízissel való kimutatása a humán gyógyászatban prognosztikus értékű, s ezzel a gyógykezelést segíti. A fent felsorolt betegségek lefolyásánál ugyanis a kóros vegetatív reakciók a betegségek későbbi kifejlődését, a szövődményeket, és a veszélyeztetettség mértékét is már korán, az egyértelmű tünetek fellépése előtt valószínűsíthetik (*Stein és Kleiger, 1999*). A szerzők szerint a vegetatív idegrendszer működésével kapcsolatos élet-tani paraméterek vizsgálata mind a megelőzésben, mind a kórisme felállításában, mind pedig a gyógykezelés meghatározásában jelentős segítséget nyújthat.

A HRV elemzésével egyre gyakrabban találkozhatunk egyéb kardiovaszkuláris betegségekkel (*Buccelletti és mtsai, 2009; Carney és Freedland, 2009*) és rendellenes mentális működésekkel (depresszió: *Pizzi és mtsai, 2008; Francis és mtsai, 2009*; pánikzavar: *Walters és mtsai, 2008*; fóbiás szorongás: *Watkins és mtsai, 2010*) foglalkozó tanulmányokban és klinikai vizsgálatokban is. Sok adat szól továbbá amellett, hogy a kamrai aritmia létrejöttében a vegetatív idegrendszeri egyensúly megbomlása jelentős szerepet játszik.

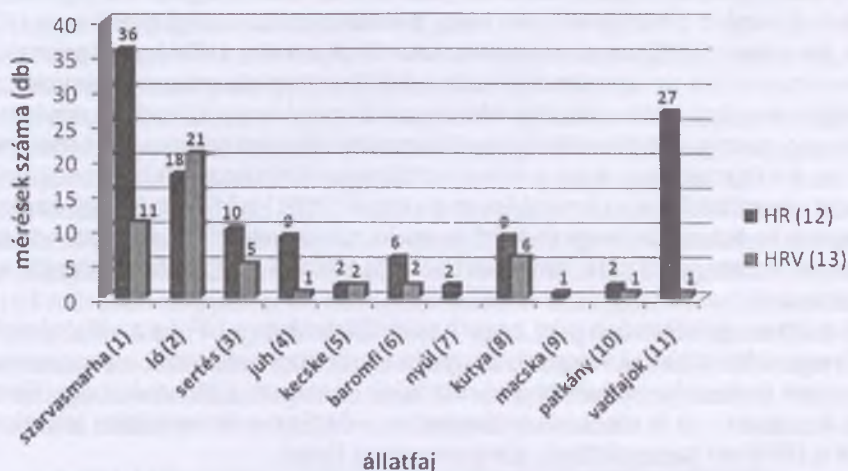
Napjainkra a digitális jelfeldolgozási lehetőségek és a Holter monitor megjelenése jelentősen megkönnyítette a vegetatív idegrendszeri működés fiziológiai és patofiziológiai változásainak egyszerű és pontos követését. Ez elősegítette a HRV, mint a vegetatív idegrendszer egyensúlyát jelző kvantitatív indikátor (*Niskanen és mtsai, 2004*) a humán orvoslásban való széles körű elterjedését. A felettébb sok, humán kutatásban megjelent publikáció ellenére a HRV vizsgálata az alkalmazott állattenyésztés és az állattetológia területén a HR-mérésekkel ellentétben ugyanakkor még gyermekcipőben jár (2. ábra).

Elmondható azonban, hogy míg az ezredforduló előtt az állattenyésztés területén a kutatók viszonylag kevés figyelmet fordítottak a paraszimpatikus aktivitás stressz-állapotokat meghatározó szerepének kutatására, néhányan addigra már bebizonyították, hogy a vegetatív idegrendszer vágusz-komponense emlősökben jelentős szerepet játszik a stresszhatásokra adott HR-válaszok kialakításában (*Hopster és Blokhuis, 1994; Porges, 1995*), ezáltal egyfajta fiziológiai indikátora lehet a stressz-érzékenységnek, illetve a stressztűrő-képességnek (*Sgoifo és mtsai, 1999*).

Az első vizsgálatokat laborállatokon (*Lemaire és Mormede, 1995; Slangen és mtsai, 1997; Sgoifo és mtsai, 1999*), kutyákon (*Hull és mtsai, 1990; Pagani és mtsai, 1986; Beerda és mtsai, 1998; Palazzolo és mtsai, 1998*) és minisertéseken (*Kuwahara és mtsai, 2004*) végezték. Ezen fajok vizsgálati alanyokként való alkalmazását az orvosi kutatásokban való jelentős szerepük indokolta. Meg kell említenünk, hogy a laborállatokkal végzett vizsgálatok során gyakran altatásban folynak a vizsgálatok, mely – mint ahogy később látni fogjuk – a mérések kivitelezésében nagy könnyebbséget jelent a szabadon mozgó állatokkal végzett kutatásokkal szemben.

A módszer humán orvoslásban való eredményessége, valamint a fent említett vizsgálatok sikerei a kutatókat az elmúlt évtizedben a HRV állatkísérletekben való alkalmazására ösztönözte.

2. ábra A HR és HRV témakörében közölt publikációk száma a háziállat- és vadfajokban



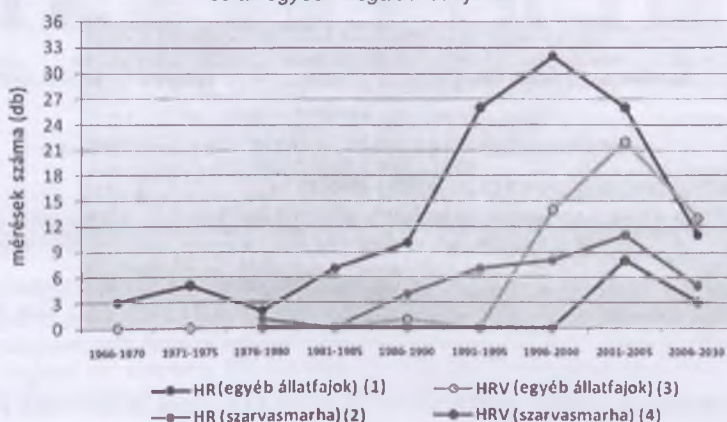
*az 1967 és 2010 között megjelent 172 tanulmány alapján

Figure 2. The number of related publications in livestock and game animal species between 1967 and 2010

number of measurements (vertical axis); animal species (horizontal axis); cattle (1); horse (2); swine (3); sheep (4); goat (5); poultry (6); rabbit (7); dog (8); cat (9); rat (10); game animal species (11); HR: heart rate (12); HRV: heart rate variability (13)

Ennek eredménye, hogy a HRV-t a 2000-es évek elejétől – ha nem is széleskörűen – mint a haszonállatok jólléti- és stresszállapotát kifejező indikátoraként kezdték kutatni (3. ábra).

3. ábra A HR és HRV témakörében közölt publikációk számának alakulása szarvasmarhában és az egyéb vizsgált állatfajokban*



* az 1967 és 2010 között megjelent 172 tanulmány alapján

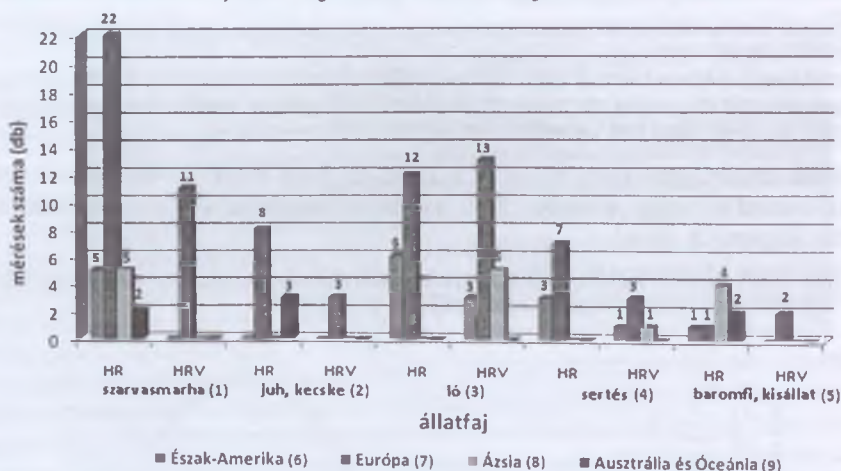
Figure 3. Number of publications in cattle and other animal species – based on 172 reports between 1967 and 2010

number of measurements (vertical axis); years (horizontal axis); HR – heart rate (all animal species) (1); HR – heart rate (cattle) (2); HRV – heart rate variability (all animal species) (3); HRV – heart rate variability (cattle) (4)

A haszonállatfajok közül lóban és szarvasmarhában végezték a legtöbb vizsgálatot. A lovak a pihenés közbeni nagy paraszimpatikus idegi aktivitásuk (*Kuwahara és mtsai*, 1999) miatt lettek közkedvelt alanyai a HRV-kutatásoknak. Bár szarvasmarhában az ezredforduló után a HRV-vel foglalkozó tanulmányok száma megnőtt, a vizsgálatok technikai kivitelezését megkönnyítő nagy testméret és a gazdasági szempontból betöltött jelentős szerep ellenére relatíve kevésnek mondható az a 11 tanulmány, mely e téma kutatásával foglalkozik. A haszonállatokban végzett vizsgálatok kis számát *Minero és mtsai* (2001) a HRV-mérések szakszerű és pontos kivitelezését megnehezítő terepi körülményekkel és az ebből adódó nehézségekkel magyarázzák, amellyel hazai és külföldi vizsgálataink alapján egyet kell értenünk.

A 4. ábra egyértelműen jelzi, hogy haszonállatokban a HR és a HRV témakörében megszületett cikkek nagyobb hányada Európából származik a szarvasmarha, a ló, a juh és kecske, valamint a sertés fajok esetében. Láthatjuk, hogy Európán kívül Ázsiában – itt is elsősorban Japánban – és Észak-Amerikában folytak kutatások a HRV-vel kapcsolatban, túlnyomó részt lóban.

4. ábra A haszonállat-fajokban végzett HR- és HRV-vizsgálatok száma földrészek szerint*



*az 1967 és 2010 között megjelent 123 tanulmány alapján

Figure 4. The number of the HR and HRV studies in livestock on various continents – based on 123 publications between 1967 and 2010
number of measurements (vertical axis); animal species (horizontal axis); cattle (1); sheep, goats (2); horses (3); swine (4); poultry and small animals (5); North-America (6); Europe (7); Asia (8); Australia and Oceania (9)

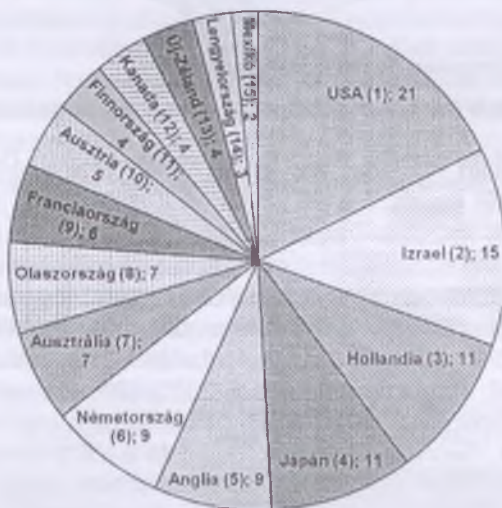
A haszonállatok mellett vadfajokban is szép számmal találhatunk HR-mérésekről beszámoló cikkeket. Ezek a publikációk nagyrészt a skandináv országokból származnak és a figyelem középpontjában a rénszarvas (*Nilsson és mtsai*, 1984; *Eloranta és mtsai*, 2002; *Nilsson és mtsai*, 2006) és a kék róka (*Mononen és mtsai*, 1992; *Harri és mtsai*, 1994; *Kohonen és mtsai*, 1994) állnak. A kutatásokban az alapvető mozgás- és viselkedésformák közben fellépő, HR-ben mérhető változások értékelésén kívül az egyedek területhasználatát, valamint a téli

kiegészítő takarmányozáshoz történő adaptációját vizsgálták. Meg kell jegyeznünk, hogy e vizsgálatok kivitelezését nagyban megkönnyítette, hogy mindkét faj tenyészthető az igényeiknek megfelelően kialakított farmokon is, mivel e két vadfajnak léteznek ún. félig-domesztikált populációi is.

Noha a haszonállatokban végzett kutatásokhoz hasonlóan vadfajok esetében is Európában végezték a legtöbb HR-mérést, meg kell említenünk, hogy az USA-ban már jóval korábban, az 1970-es évek elejétől folytak kutatások a témában majom (*Weisbard és Graham, 1971*), sirály (*Kanwisher és mtsai, 1978*) és bölény (*Richards és Lawrence, 1984*) fajokban. Ausztráliában és Új-Zélandon főként pingvinekkel foglalkoztak (*Giese és mtsai, 1999; Nakagawa és Waas, 2001*).

A HR-mérések tárgykörében közzétett munkák országok szerinti cikkszámait az 5. ábra szemlélteti. A legtöbb tanulmány (21) az USA-ban készült, Izraelben 15, Hollandiában és Japánban 11–11 tanulmány látott napvilágot. Az USA-ban főleg lóban és szarvasmarhában foglalkoztak a HR vizsgálatával, míg Izrael a kérődzők, ezen belül is főként a kiskérődzők miatt érdekelt a témában.

5. ábra A HR-vizsgálatok száma országok szerint a háziállat és vadfajokban*

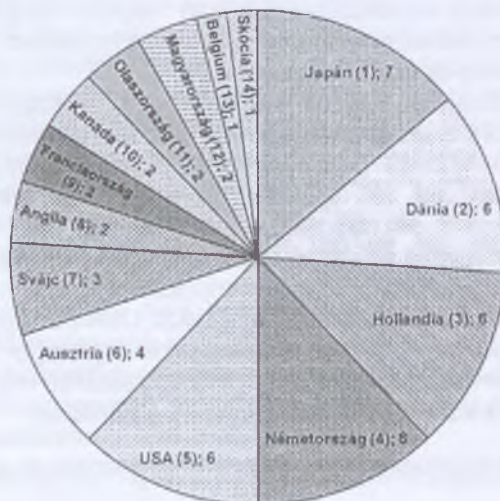


*az 1967 és 2008 között megjelent 122 tanulmány alapján (a diagramon nem szereplő Belgiumban, Csehországban, Norvégiában és Skóciában egyaránt 1–1 publikáció született)

Figure 5. The number of the HR studies in various countries – based on 122 publications between 1967 and 2010 (1 publication in Belgium, The Czech Republic, Norway and Scotland was not included) number of measurements (vertical axis); country (horizontal axis); USA (1); Israel (2); Netherlands (3); Japan (4); England (5); Germany (6); Australia (7); Italy (8); France (9); Austria (10); Finland (11); Canada (12); New-Zealand (13); Poland (14); Mexico (15)

A HRV témakörében született cikkek száma meg sem közelíti a HR témakörében íródottakat. Japánban 7, Dániában, Hollandiában, Németországban, és az USA-ban egyaránt 6–6 tanulmány született (6. ábra). Ennek oka – mint ahogy korábban utaltunk rá –, hogy a HRV vizsgálata az állattenyésztés és a viselkedéstan tudományterületein még rendkívül új módszernek számít.

6. ábra A HRV-vizsgálatok száma országok szerint háziállat és vadfajokban*



*az 1990 és 2010 között megjelent 50 tanulmány alapján

Figure 6. The number of the HRV studies in various countries – based on 50 publications between 1990 and 2010

number of measurements (vertical axis); country (horizontal axis); Japan (1); Denmark (2); Netherlands (3); Germany (4); USA (5); Austria (6); Switzerland (7); England (8); France (9); Canada (10); Italy (11); Hungary (12); Belgium (13); Scotland (14)

Ezekben a kutatásokban az állatok HRV-válaszait leggyakrabban betegségekkel (Mohr és mtsai, 2002; Pomfrett és mtsai, 2004; Piccirillo és mtsai, 2009; Konold és mtsai, 2011) valamint pszichológiai és környezeti stresszorokkal (De Jong és mtsai, 2000; Bachmann és mtsai, 2003; Ohmura és mtsai, 2006; Nagy és mtsai, 2009; Schmidt és mtsai, 2010) összefüggésben vizsgálták. Az eltérő tartási körülmények, illetve tartástechnológiák és a HRV viszonyát is többen értékelték (Marchant és mtsai, 1997; Hagen és mtsai, 2005; Visser és mtsai, 2008).

Több tanulmány számolt be továbbá a munkavégzés (Thayer és mtsai, 1997; Physick-Sheard és mtsai, 2000), az alkalmazkodóképesség (Visser és mtsai, 2002; Rietmann és mtsai, 2004a), az egyedek temperamentumának (Visser és mtsai, 2002; Eager és mtsai, 2004; Neuffer és mtsai, 2004; Gygax és mtsai, 2008), érzelmi (Rietmann és mtsai, 2004b) és kognitív állapotainak (Langbein és mtsai, 2004) HRV-re gyakorolt hatásairól. A szarvasmarhában végzett kutatásokról közleményünk második részében részletes összefoglaló értékelést olvashatnak.

A SZÍVRITMUS-VARIANCIA VIZSGÁLATÁNAK MÓDSZERTANA

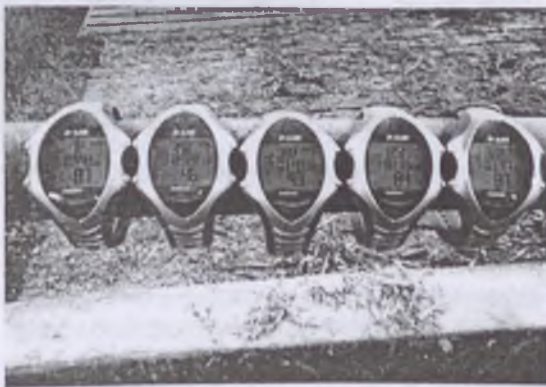
A kutatásokban használt műszertípusok

A HR és a HRV mérésére alapvetően két lehetőség van az állatoknál. A pulzus, illetve EKG-jelek detektálása történhet külső monitorozással és beültetett műszerek segítségével is.

A testre rögzített műszerek az EKG-készülékekhez hasonlóan, a testfelszín két pontja közötti elektromos feszültségkülönbséget mérik, ami a szívizomsejtek elektromos működésének a mérés pillanatában fennálló összességéből adódik (Langer és mtsai, 2010). A HR és HRV analízisekor az IBI-jelek kiszámítása céljából regisztrálni és rögzíteni kell az elektrokardiogramot.

A humán gyakorlatban e célból alkalmazott műszerek drágák és az emberi szív működés tanulmányozására tervezték azokat. Az állatorvoslásban korábban túlnyomórészt Holter típusú telemetrikus EKG-készülékeket használtak (pl. Del Mar Reynolds Medical) melyek pontos és hosszú idejű (általában 24 órás) mérésekre alkalmasak. Hátrányuk, hogy drágák, igen sérülékenyek és speciálisan a humán szív működés vizsgálatára fejlesztették ki őket. A haszonállatfajokban végzett kutatásokban a szerzők hordozható HR-mérő műszereket, elsősorban a finn *Polar Electro Oy* termékeit használják. Ezeket a kereskedelembe kapható Polar műszertípusokat eredetileg sportolóknak, sportorvosoknak, illetve a témában kutatást végzőknek fejlesztették ki (Tóthné Maros és mtsai, 2010). A készülékek nagy előnye, hogy használatuk nem igényel invazív sebészeti beavatkozást, azonban nem a teljes EKG-t, csak annak R-hullámaint rögzítik, és azt IBI-adatként tárolják. A Polar cég modelljei közül a Sport Tester, a Horse Trainer, az S810i, illetve a korábban kifejlesztett, kevesebb adat tárolására képes Vantage NV típusokat alkalmazzák a leggyakrabban a kutatók HR és HRV mérésére a különböző fajokban. Ezeket a műszereket főleg állatorvosi – ezen belül is elsősorban szaporodásbiológiai –, az alkalmazott állattenyésztés tudományterületén pedig etológiai és viselkedésséleltani kutatásokban használják (Rietmann és mtsai, 2004a; Marchant-Forde és mtsai, 2004b; Hagen és mtsai, 2005). Az újabb modellek (Polar R-R Recorder és Polar Equine) már 24 órás ambuláns mérést is végre tudnak hajtani (1. kép), és emellett 20 másodperces EKG-szakaszok tárolására is alkalmasak. A Polar Equine készülék (2. kép) GPS-szel is felszerelt, amely különösen fontos legelő állatok vizsgálatakor (Brosh és mtsai, 2003; Brosh és mtsai, 2006), amikor a területhasználatot, a viselkedést és a szív működést párhuzamosan kívánjuk vizsgálni.

1. kép 24 órás adatfelvételre alkalmas HR-vevő-készülékek kötetlen tartású szarvasmarha-istállóban



Photograph 1. 24 hour data recording instrument in a free stall cattle barn
(Fotó: Kovács Levente)

2. kép Polar Equine mérőberendezés tartozékaival



Photograph 2. Polar Equine equipment and accessories

(Fotó: Szentléleki Andrea)

3. kép Polar HR jeladó rugalmas szíjjal és Polar HR-vevőkészülékkel (Hagen és mtsai, 2005)



Photograph 3. Polar HR transmitter with elastic belt and Polar HR monitor (Hagen et al., 2005)

A testre erősíthető eszközök egy hámból állnak, amely két elektródát tartalmaz. Az állatok méretétől függően kétféle hám használata terjedt el. A kisebb testméretű állatoknál (kecske, juh, sertés, borjú) egy rugalmas szíjat rögzítenek az állat mellkasára (3. kép). A nagytestű fajokban (ló, szarvasmarha, sertés) végzett vizsgálatok során a HR-mérő műszereket a kutatók legtöbbször erős bőrből vagy más rugalmatlan anyagból készült hevederekkel rögzítik (4–5. kép).

4–5. kép Erős bőrből készült hevederbe helyezett Polar HR-mérő készülék



Photographs 4 and 5. Polar HR measurement in a strong leather girth

A HR monitorozására a kistestű állatfajokban végzett kutatásokban legtöbbször beültetett implantátumokat alkalmaznak. Ezek a mérőműszerek az eddig bemutatott testre rögzíthető műszer típusok egyetlen hibáját kiküszöbölik, ugyanis a vizsgálatok során sem a műszer hordozó egyed, sem maga a műszer nincs kitéve a többi állat figyelmének (Brosh, 2007; von Borell és mtsai, 2007). A laboratóriumi rágcsálók (patkány: Lemaire és Mormede, 1995; nyúl: van den Buuse és Malpas, 1997) és a szabadon mozgó madarak (nagy lilik: Ackerman és mtsai, 2004; nyári lúd: Wascher és mtsai, 2008; házi tyúk: Savory és Kostal, 1997; Korte és mtsai,

1999) vizsgálatához a beültetett készülékek alkalmazása a legelterjedtebb. Egy publikáció az implantátumok különböző halfajokban való alkalmazásáról is beszámol (aranykárász, ezüstkárász és ponty: *Snelderwaard és mtsai*, 2006).

Az implantátumok hátránya a testre erősíthető műszerekkel szemben, hogy az elektródák és jeladó készülék szakszerű behelyezése altatást igényel és általában több nap szükséges a kísérleti egyedek teljes felépüléséhez (*Tóthné Maros*, 2009). Amennyiben az elektródák elmozdulnak a helyükről, azok korrigálása további problémákat vethet fel. Fiatal, növekedésben lévő állatoknál szintén gondot okozhat az elektródák, illetve a jeladók helyének vagy helyzetének megváltozása (*Lefcourt és mtsai*, 1999).

Wascher és mtsai (2008) nyári ludak egységes testüregébe helyezték be a műszert. Az elektródákat a madarak bordájához rögzítették. Az állatok a műtéti beavatkozás után 20 óra elteltével csatlakoztak a szabadon mozgó csapathoz, és 2–7 nap után már teljesen felépültek a beavatkozásból. A vizsgálat folyamán a műszer elemének élettartama 18 hónap volt, azaz ennyi időn át tudták folyamatosan nyomon követni az egyedek HR-jét. E mérőeszközök előnyeként említhető tehát a testre rögzíthető műszerekkel szemben, hogy rendkívül hosszú adatgyűjtésre képesek.

Az eddig ismertetett készülékek mindegyikére jellemző, hogy vagy minden IBI-értéket rögzítenek, vagy – beállítástól függően – adott időintervallumra eső (5–15–60 másodperces) HR átlagokat tárolnak el. A kutatók rövidebb vizsgálatok esetében általában 5 (*Hopster és Blokhuis*, 1994; *Marchant és mtsai*, 1997; *Brosh és mtsai*, 1998a,b; *Janžeković és mtsai*, 2006), illetve 15 másodperces (*Després és mtsai*, 2002; *Clapham és mtsai*, 2007), a hosszabb távú méréseknél inkább 60 másodperces (*Nilsson és mtsai*, 2006) átlagokat használnak a kiértékelésnél.

A jeladók a detektált IBI-jeleket kódolt formában is képesek továbbítani, hogy a több állaton rögzített, egymással egyidejű mérési adatok ne keveredjenek egymással (*von Borell és mtsai*, 2007). A mért IBI-jeleket egy adatgyűjtő műszer tárolja. Az adatok áttölthetők számítógépre és kompatibilis szoftver segítségével elemezhetők. Az elemzésre alkalmas szoftverekből több változat is létezik (Polar HR Analysis Software, Polar Precision Performance Software, A.D. Instruments Chart Software, QuickTime Capture Module for Chart Software). A kiértékeléskor a rögzített adatsorokból csak azokat a szakaszokat használják fel, melyek nem tartalmaznak rendellenes jeleket (*Tóthné Maros*, 2009). A legtöbb szerző 5–10 perc (*Mohr és mtsai*, 2002; *Hagen és mtsai*, 2005; *Gygax és mtsai*, 2008; *Stewart és mtsai*, 2008), mások (*Seo és mtsai*, 1998) ennél rövidebb időtartamú adatsorokat tartanak megfelelőnek a HRV szakszerű kiértékeléséhez. Ezen intervallumokon belül a hibás jelszakaszok mennyiségét a kutatók 5–6%-ban maximalizálják.

A vizsgálatok kivitelezése szarvasmarhában

Szarvasmarhák vizsgálatakor általában két különálló elektródát és egy specifikus jeladót alkalmazunk. Az elektródák optimális elhelyezését igen nehéz megtalálni. A leggyakrabban az egyik elektródát a mellkas bal oldalán, a szegycsont tájékán, a másikat a jobb lapocka fölött helyezik el.

Az állatok testfelületéről egyes kutatók (*Després és mtsai*, 2002; *Mohr és mtsai*, 2002) az elektródához való érintkezés helyén leborotválták a szőrt, míg má-

sok ezt nem tartották szükségesnek (Hagen és mtsai, 2005; Janžekovič és mtsai, 2006; Schmied és mtsai, 2008). A testfelületet minden esetben megtisztították, és az optimális elektróda-bőr érintkezés érdekében elektródagélt alkalmaztak az elektródák felhelyezése előtt. Janžekovič és mtsai (2006) a jobb vezetőképesség érdekében az elektródák felhelyezése előtt az állatok testét 38 °C-os sós vízzel nedvesítették be, de elektródagélt nem használtak. Megítélésük szerint így is megfelelő volt a jelsorozat folytonossága. Tapasztalataink szerint hosszabb távú (2 óránál hosszabb) mérésekhez elengedhetetlen a bőséges mennyiségű elektródagél alkalmazása. Ez nem csak a megfelelő vezetőképesség, hanem az elektródák testfelszínhez való tapadása miatt is elengedhetetlen.

Nagy kihívást jelent a kutatók számára a műszerek rögzítése az állatokon. A nem megfelelő bőr-elektroda kapcsolat ugyanis a bőr nedvességén és az elektródagél mennyiségén kívül a heveder típusától és a rögzítés erősségétől is függ. Janžekovič és mtsai (2006) 180 kg alatti élő súlyú szarvasmarhák esetében a készületek rögzítésére megfelelőnek találták a rugalmas gumihevedert. Megállapításuk szerint folyamatos volt a jeladás a műszer, ezen belül az elektródák megigazítása nélkül is. Borjakkal végzett vizsgálatoknál (Seo és mtsai, 1998; Després és mtsai, 2002; Mohr és mtsai, 2002; Clapham és mtsai, 2007; Stewart és mtsai, 2008) ez a rögzítési mód elégséges lehet, ugyanakkor kifejlett állatoknál a jeladót és az elektródahámot erős, szorosra állított, rugalmatlan hevederrel ajánlott rögzíteni. Ez a megoldás – főleg kötetlen istállóban végzett vizsgálatoknál – a készülékek az állat mozgásából (felkelés, lefekvés, vakaródzás, séta, futás) adódó gyakori elmozdulását megakadályozza. Erre azért van szükség, mert a szabadon mozgó állatokon végzett – akár 24 órás – vizsgálatok során nincs lehetőség a műszerek állapotának rendszeres ellenőrzésére, helyzetük és rögzítésük korrigálására, ami egyébként is a mérési eredményeket befolyásoló beavatkozás lenne. A legtöbb szerző vastag bőrből vagy elasztikus szövethélesekkel készült csatos hevedereket vagy megfelelően erős szíjakat alkalmaz, melyekkel az állat mellkasán rögzítik az elektródahámot és a jeladót. A HR-mérő órákat kívülről erősítik ezekhez (6–8. kép).

6–7. kép A műszer és a HR-vevőkészülék rögzítése az állatokon



Photographs 6 and 7. The fixed equipment and the HR-monitor on the animals
(Fotó: Kovács Levente)

8. kép HRV mérése kérődző holstein-fríz marhán



Photograph 8. HRV measuring on ruminating Holstein-Friesian cattle
(Fotó: Kovács Levente)

A szarvasmarhában végzett tanulmányok az alapkutatásokat leszámítva első-sorban a HRV-nek az egyedek viselkedésével, illetve a környezetből származó stressztényezőkkel való összefüggéseit vizsgálták. Ezen vizsgálatok módszertanát az 1. táblázat foglalja össze.

Az eredményeket torzító hatások kiküszöbölésére egyes szerzők (*Minero és mtsai*, 2001; *Mohr és mtsai*, 2002) azt javasolják, hogy a mérési eredményeket esetlegesen befolyásoló stresszt elkerülendő a vizsgálatokra való előkészületeket az állatokkal mindig ugyanaz a személy végezze. Fontos továbbá, hogy a vizsgálatok a mérések helyszínéül szolgáló telepeken a napi rutinhoz alkalmazkodjanak (*Hagen és mtsai*, 2005), valamint, hogy a tesztek időtartama alatt ne álljanak fenn a mérések kimenetelét extrém módon zavaró tényezők (*Brosh*, 2007).

A vizsgálati állatok műszerekhez való szoktatásának fontosságára több szerző is felhívja a figyelmet. Borjakban végzett vizsgálatuknál *Clapham és mtsai* (2007) egy héttel a mérések kezdete előtt rögzítették a műszereket az állatokon. *Janžekovič és mtsai* (2006) holstein-fríz és szimentáli fajtákban végzett kutatásában 5 napos adaptációs időt határoztak meg. A műszerek tesztelésekor megállapították, hogy a készülékek az adatfelvétel során nem voltak hatással az állatok viselkedésére, valamint a tesztek alatt sem a leadott tejmenyiség, sem a súlygyarapodás nem csökkent szignifikáns mértékben ($p < 0,01$) a kontroll időszakhoz képest. Más kutatók ennél rövidebb, 24 (*Brosh*, 2007), illetve 12 órás (*Gygax és mtsai*, 2008) adaptációs idővel végezték kísérleteiket. Sokan elégségesnek tartották a készüléket a mérések megkezdése előtti egy órán belül rögzíteni (*Seo és mtsai*, 1998; *Després és mtsai*, 2002; *Mohr és mtsai*, 2002; *Wenzel és mtsai*, 2003; *Waiblinger és mtsai*, 2004; *Stewart és mtsai*, 2008).

A testre erősíthető készülékek mellett néhány vizsgálatban beültethető mérő-műszereket is használtak szarvasmarhában eleddig egy izraeli (*Brosh és mtsai*, 1998a,b) és egy amerikai (*Arave és mtsai*, 1991) kutatócsoport tanulmányaiban olvashattunk implantátumok alkalmazásáról. Az izraeli szerzők különböző körülmények között (magas, illetve alacsony külső hőmérséklet, etetett takarmány mennyisége, etetés időpontja) termelő hereford üszők hő- és energiaháztartásá-

1. táblázat

A szarvasmarhában végzett HR- és HRV-vizsgálatok módszertanának összefoglalása

Szerző(k) (1)	Vizsgálat tárgya (2)	Műszer típusa (3)	A műszerek rögzítése (4)	Mérés ideje (5)	Értékelt paraméterek (6)
Aharoni és mtsai (2003)	Oxigén-felhasználás és HR kapcsolata (7)	DL, Dansoft HR-jeledő (23)	Rugalmas szíj (34)	10 min	IBI HR átlag (44)
Brosh és mtsai (2006)	Legelési aktivitás becslése HR-rel (8)	Polar T51H Polar S610 (24)	Rugalmas szíj (34)	24 h	HR átlag
Brosh és mtsai (1998a)	Hőtermelés és HR kapcsolata (9)	Implantált jeledő (Mini-Mitter) (25)	Bőr alatt (35)	5 h	HR átlag
Clapham és mtsai (2007)	Választási stressz mérése HRV-vel (10)	Polar T51H (24) Polar S710i (26)	Rugalmas szíj (34)	4 h	RMSSD
Després és mtsai (2002)	HRV mérése szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly becslésére (11)	Hordozható EKG-készülék (27)	elektródák: szegycsontra, ill. jobb lapocka fölé (36)	40 min	Total Power HR átlag SDRR, RMSSD LF, HF, LF/HF%
Gygax és mtsai (2008)	Nyugtalan viselkedés és HRV kapcsolata (12)	oszillátor, rádióvevőkészülék (28)	Rendelésre készült heveder (37)	10 h	IBI, HR átlag RMSSD
Hagen és mtsai (2005)	HRV mérése fekvés, állás és tejléadás közben (13)	Polar Horse Trainer Polar S810i (29)	Extra rugalmas lóheveder (38)	4 h	IBI, HR átlag RMSSD, SDNN HF, LF, LF/HF%
Hopster és Blokhuis (1994)	Stressz-válaszok mérése HR-rel (14)	Polar Sport Tester (30)	Egyedi heveder (39)	1 h	HR átlag
Janžekovič és mtsai (2006)	A HR vizsgálatok módszertana szarvasmarhában (15)	Polar Sport Tester (30)	1 elektroda mar mögött, a másik szívátjékra (40)	–	HR átlag
Mohr és mtsai (2002)	Stressz-érzékenység vizsgálata HRV-vel (16)	Polar Vantage NV (borjak) Par Port/M (tehenekek) (31)	Rugalmas szíj (34)	1 h	IBI, HR átlag RMSSD SDNN, SDANN LF, HF, LF/HF%
Minero és mtsai (2001)	HRV elemzése időtartományban (17)	Polar Vantage NV (32)	Heveder a lapocka mögött (41)	15 min	IBI, RMSSD, SDNN
Schmied és mtsai (2008)	Simogatás hatása a HR-re (18)	Polar Horse Trainer Polar S810i (29)	Rugalmas szíj (34)	20 min	HR átlag
Seo és mtsai (1998)	Nyelvöltögetés és HR kapcsolata (19)	Polar Vantage XL (33)	Bőrheveder (42)	7 h	HR átlag
Stewart és mtsai (2008)	Szemhőmérséklet és HRV kapcsolata (20)	Polar S810i (29)	Erős heveder (mellső lábak mögött) (41)	40 min	IBI, HR átlag RMSSD HF, LF, LF/HF%
Waiblinger és mtsai (2004)	Szaporodásbiológiai beavatkozás alatti HR és viselkedés (21)	Polar Sport Tester (30)	Rugalmas szíj (34)	9 min	HR átlag
Wenzel és mtsai (2003)	Temperamentum és HR a fejés alatt (22)	Polar Horse Trainer (29)	Rugalmas heveder (43)	2 h 20 min	HR átlag

Table 1 Summary of the methodology of the most important HR and HRV studies in cattle

min: minute, h: hour, author(s) (1); subject of the research (2); type of the equipment (3); the fixing method of the instrument (4); the duration of the measurement (5); the analyzed parameters (6); comparison of oxygen consumption and HR (7); estimation of grazing activity using HR (8); comparison of thermoregulatory an HR (9); HRV as a stress indicator at weaning (10); evaluation of the sympatho-vagal balance with HRV (11); restlessness behavior and HRV (12); HRV at lying, standing and milking (13); measuring stress-responses with HR (14); methodology of HR-measurement (15); stress measurement using HRV (16); time domain analysis of HRV (17); effects of stroking different body regions by a human on HR (18); tongue-playing and HR (19); eye-temperature and HRV (20); behavior and HR during a veterinary procedure (21); temperament and HR during milking (22); DL Dansoft HR transmitter (23); Polar T51H (HR transmitter) Polar S610 (HR monitor) (24); implanted transmitter (Mini-Mitter) (25); Polar S710i (HR monitor) (26); Portable EKG-measurement (27); oscillator, radio receiver (28); Polar Horse Trainer (HR transmitter), Polar S810i (HR monitor) (29); Polar Sport Tester (30); Polar Vantage NV (calves), Par Port/M (cows) (31); Polar Vantage NV (32); Polar Vantage XL (33); elastic belt (34); implanted under the skin (35); electrodes: on the sternum and on the right scapula (36); custom-made girth (37); extra elastic horse girth (38); discrete girth (39); electrodes: behind the withers and in the pericardium area (40); girth behind the scapula (41); girth of leather (42); elastic girth (43); mean HR (44); the further parameters of the 6th column are given in Table 2. and in Table 4.

ban bekövetkezett változásokat vizsgálták a HR-rel párhuzamosan, míg az amerikai kutatók a stressz szintjeit próbálták megállapítani a módszer segítségével.

Az adatelemzés eljárásai

A HRV-adatsorok kiértékelésére számos módszert fejlesztettek ki (Tarvainen és mtsai, 2002), melyek közül a szarvasmarhában végzett vizsgálatok legáltalánosabban alkalmazott eljárásai a variancia idő-, illetve frekvenciatartományban végzett elemzése. Ezek az értékelő módszerek a HRV lineáris dinamikájának vizsgálatát teszik lehetővé és HRV-ről kvalitatív információkkal szolgálnak. A szintén gyakran alkalmazott Pioncaré-grafikon segítségével a variancia meglehetősen pontos geometriai értékelése is elvégezhető (Minero és mtsai, 2001). Egyes szerzők (Mohr és mtsai, 2002; Hagen és mtsai, 2005) kutatásaikban nem lineáris elemző módszereket is használtak, bár ezek megbízhatósága még vitatott (Giuliani és mtsai, 1998), és alkalmazásukról még a humán kutatási területeken is csak kevés publikáció számolt be.

Időtartományban végzett elemzés

A legtöbb, a szív működés kutatásával foglalkozó szerző, a variancia időtartományban számolt paramétereit tartja a HRV legegyszerűbb számszerűsítési módjának (Malik és mtsai, 1996). Ezek a jelzőszámok az IBI-adatsorok különbözőféleképpen számított statisztikai varianciáját fejezik ki, ezért ezt a módszert gyakran a HRV 'statisztikai értékelésének' is szokták nevezni (2. táblázat).

2. táblázat

Az időtartományban végzett elemzések során használt statisztikai paraméterek

IBI (ms)	Az EKG görbe két szomszédos R csúcsa közti távolság (1)
mRR (ms)	Az IBI-jelek hosszának egy adott jelszakaszra számított átlaga (2)
SDNN (ms)	Az IBI-jelek teljes jelszakaszra számított szórása (3)
SDANN (ms)	Az 5 perc alatt detektált IBI-jelek átlagértékeinek szórása (4)
SDNN _{index}	A teljes jelszakasz 5 perces intervallumai alatt detektált IBI-jelek szórásainak átlagértéke (5)
mHR (1/min)	A HR-értékek egy adott jelszakaszra számított átlaga (6)
STD (1/min)	A HR értékek szórása (7)
RMSSD (ms)	A szomszédos IBI-jelek különbségének négyzetgyöke (8)
NN50 count	Az 50 ms-nál nagyobb mértékben eltérő IBI párok száma (9)
pNN50 (%)	Az 50 ms-nál nagyobb mértékben eltérő IBI párok aránya (10)

Table 2. Statistical parameters of the time-domain analysis

inter-beat interval (1); mean of all IBIs of a particular data set (2); standard deviation of all IBIs of the entire data set (3); standard deviation of the mean of IBIs in all 5-min segments of the entire data set (4); mean of the standard deviations of all IBIs for all 5-min segments of the entire data set (5); mean of the HR data of a particular data set (6); standard deviation of the HR data (7); the square root of the mean of the sum of the squares of differences between successive IBIs (8); Number of pairs of successive IBIs differing by more than 50 ms (9); NN50 count divided by the total number of all IBIs (10)

Ezen indexek közül minden vizsgálatban találkozhatunk az átlagos IBI- és az átlagos HR-értékekkel, melyeket könnyen számíthatunk, azonban ezek a legkevésbé informatív paraméterek (von Borell és mtsai, 2007) a stressz megállapítása szempontjából. Az egymást követő IBI-jelek szórásának (SDNN) megállapítása Kanter és mtsai (1996) szerint szintén rendkívül egyszerű módja a HRV számszerűsítésének, mely szoros korrelációt mutat az SDANN paraméterrel (Malik és mtsai, 1996; von Borell és mtsai, 2007). Ezek a jelzőszámok a szív működés hosszú távú variációját tükrözik és értéküket a szimpatikus és a paraszimpatikus hatások együttesen határozzák meg. Az időtartományban számított leginformatívabb paraméter a legtöbb kutató szerint az RMSSD. Kleiger és mtsai 1992-ben publikált tanulmányukban igazolták, hogy ez az index szoros összefüggésben van a vágusz-tónussal, melyet összefoglaló tanulmányukban alátámasztanak von Borell és mtsai (2007) is. Megállapításuk szerint az RMSSD a nagyfrekvenciás tartományon belüli IBI-jelek varianciájának becslésére legalkalmasabb paraméter, mely a vágusz szabályozó aktivitását reprezentálja. A HRV-vizsgálatokban gyakran alkalmazott egyéb paraméterek (NN50 count, illetve pNN50) szoros összefüggésben állnak az RMSSD jelzőszámmal és jól mutatják a vágusz aktivitását (Malik és mtsai, 1996). Megállapítható tehát, hogy az időtartományban végzett elemzés során alkalmazott paraméterek a HRV-t befolyásoló szimpatikus és paraszimpatikus rendszer együttes-, illetve a paraszimpatikus aktivitás relatív hatását egyaránt tükrözik.

Hopster és Blokhuis (1994) a Polar Sport Tester és egy ambuláns EKG-műszer mérési eredményeit összehasonlítva szarvasmarhában pihenés alatt ($r=0,88$) és mozgás közben ($r=0,72$) is erős korrelációt és tehenenként eltérő értékeket mutatnak ki. Egy humán kutatás továbbá azt a módszertanilag fontos eredményt hozta, hogy az időtartományban végzett elemzéseknél számolt paraméterek szoros ($r=0,85$) összefüggésben állnak a spektrális analízis HRV-indexeivel (Stein és mtsai, 1994), ezért jól kiegészítik egymást az adatelemzés során (Voss és mtsai, 2002).

Frekvenciatartományban végzett elemzés

A HRV frekvenciatartományban történő vizsgálata (ún. spektrális analízise) során az adatok számítógépbe történő beolvasása után a szoftver az IBI-jelekből egy ún. kardiotachogramot készít, mely az egymást követő IBI-jeleket az idő függvényében ábrázolja (7. ábra). Látható, ha szaporább a pulzus, rövidebbek az IBI-jelek, alacsonyabban helyezkedik el a függvény, ha lassúbb a pulzus, hosszabbak az IBI-jelek, magasabban helyezkedik el a görbe.

A spektrális analízis során az IBI-jelek periodikus változásait frekvenciatartományban vizsgáljuk. Ehhez az adatsorok lineáris interpolációjára van szükség, majd ezeket az újrászámolt adatsorokat gyors Fourier transzformációval (Fast Fourier Transformation, FFT) bontják különböző spektrális komponensekre. Az FFT eljárás algoritmusát Cooley és Tukey (1965) dolgozták ki. A módszer forradalmasította a digitális jelfeldolgozást, mivel az addigi eljárás rendkívül számításigényes volt, és így sok időt is vett igénybe (Schechtman és mtsai, 1988).

Az eljárás alapja, hogy minden jel leírható olyan harmonikus hullámokkal, melyek összegzésével egy teljes görbét kapunk. Az FFT segítségével a szívciklust alapvető összetevőikre bontjuk. Az FFT-n alapuló spektrális analízis biztosítja ezeknek az adatoknak a hatékony kezelését. Az FFT az idő függvényében adott

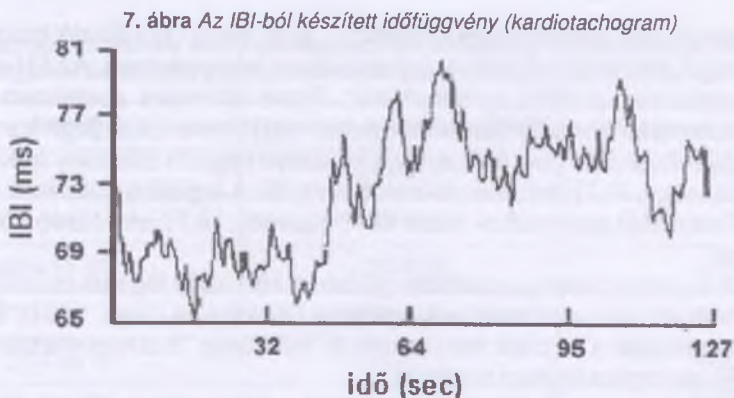


Figure 7. The IBI cardiogram

IBI (ms): inter-beat interval (ms) (vertical axis); idő (sec): time (sec) (horizontal axis); ms: millicundum (milisecond)

jelet harmonikus összetevőire bontja és a frekvencia függvényében képezi le. A vízszintes tengelyen a frekvencia (Hz), a függőleges tengelyen a spektrális teljesítmény (power spectral density, PSD, ms^2) van feltüntetve (8. ábra).

A HRV frekvenciatartományban végzett elemzésének gyakorlatban való felhasználásához elengedhetetlen a HRV és a vegetatív idegrendszeri működés kapcsolatának ismerete, ezért a továbbiakban ezt mutatjuk be, rávilágítva a spektrális analízis élettani és biológiai hátterére.

8. ábra A légzésből számított teljesítmény-sűrűség spektrum (Niskanen és mtsai, 2004)

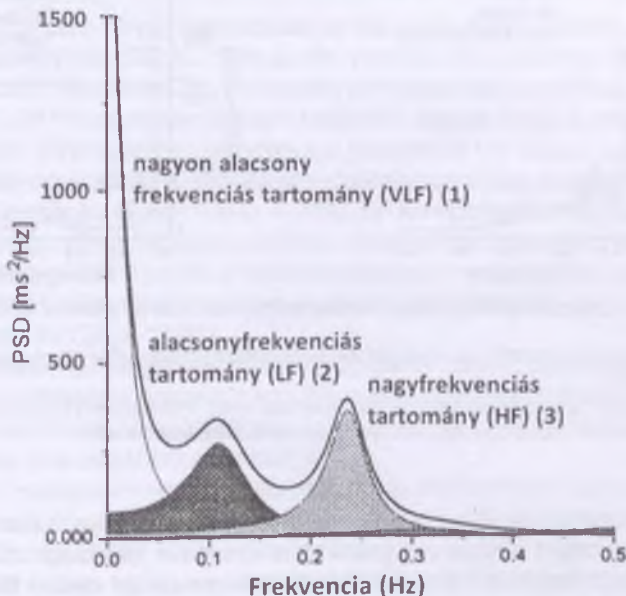


Figure 8. The power spectral density calculated from respiration rate (Niskanen et al, 2004)

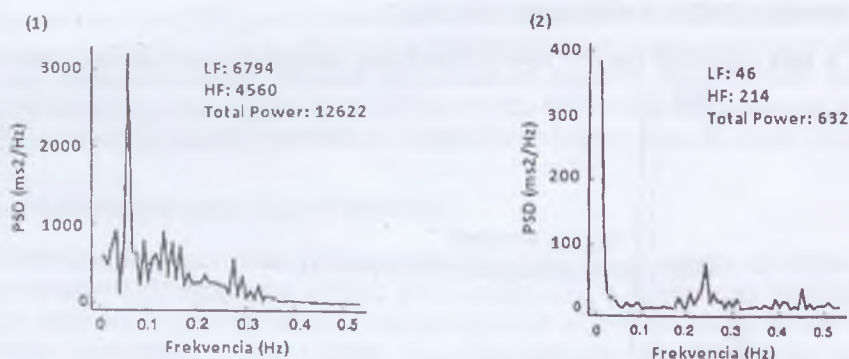
PSD (ms^2/Hz): Power Spectral Density (ms^2/Hz) (vertical axis); Frequency (Hz) (horizontal axis); very low frequency component (VLF) (1); low frequency component (LF) (2); high frequency component (HF) (3)

A bemutatott időfüggvény periodicitásai – a 8. ábrán is látható módon – a spektrumban jól elkülöníthető csúcsok formájában jelennek meg. Az IBI-jelek rövid távú ingadozásai a HRV spektrum két, illetve bizonyos esetekben három spektrális csúcsában koncentrálódnak. Ezeket nagyfrekvenciás (high frequency, HF), alacsonyfrekvenciás (low frequency, LF), illetve nagyon alacsony frekvenciás (very low frequency, VLF) tartományoknak nevezzük. A legújabb kutatások az ultra alacsony frekvenciájú spektrumok (ultra low frequency, ULF) jelentőségéről is említést tesznek.

Az IBI-jelek sorozatában a spektrális görbén a HF- vagy légzési csúcsot a légzéssel szinkron lezajló oszcilláció eredményezi (Kardos és Gingl, 1994). E csúcs centrális frekvenciája a légzési frekvenciának felel meg. Szarvasmarhánál ez a 0,20–0,58 Hz-es tartományban található.

A HF-csúcs a jól ismert légzési szinuszaritmia jelenséget tükrözi (Malik és mtsai, 1996), mely egy gyorsan ismétlődő, rövid ciklusidejű folyamat (Kardos és Gingl, 1994). Belégzéssel egyre gyorsul a HR, vagyis csökkennek az IBI-jelek, ki-légzésnél lassul a HR, vagyis nőnek az IBI-jelek. A légzés szaporaságának változásával ez a szinuszaritmiának megfelelő spektrális csúcs is változtatja a helyét. Kisebb légzésszámnál balra, nagyobb légzésszámnál jobbra tolódik a csúcs.

Akselrod és mtsai (1985) megállapították, hogy paraszimpatikus blokádnál (atropin) megszűnteti ezt a csúcsot (9. ábra), míg alfa- vagy beta-blokkolók csakúgy, mint a renin-angiotenzin blokádnál nem befolyásolják a HF komponensét.



9. ábra A HRV spektrális görbéje atropin adása előtt (1) és után (2) (Kardos és Gingl, 1994)

Figure 9. The power spectral waveform of the HRV before (1) and after (2) atropine dosage (Kardos and Gingl, 1994)

PSD (ms^2/Hz): Power Spectral Density (ms^2/Hz) (vertical axis); Frequency (Hz) (horizontal axis); LF: low frequency; HF: high frequency; total power: Teljes spektrális teljesítmény

Ezt a komponenset tehát egyedül a vágusz ideg mediálja, azaz kijelenthető, hogy a HF komponens, illetve a légzési szinuszaritmia jelensége megbízható indikátora a paraszimpatikus idegi aktivitásnak (Akselrod és mtsai, 1981; Montano és mtsai, 1994; Akselrod, 1995; Slangen és mtsai, 1997; Friedman és Thayer, 1998). Ezért is szükséges figyelembe venni a percenkénti légzésszámot, amikor a HF komponens helyét meghatározzuk a HRV elemzésekor (3. táblázat).

3. táblázat

A spektrális analízis során alkalmazott frekvenciasávok és a megfelelő percenkénti légzésszám értékek a különböző haszonállat fajokban (von Borell és mtsai, 2007)

Állatfaj (1)	Frekvenciatartomány (Hz) (2)	Légzésszám (min ⁻¹) (3)
Ló (4)	0,13–0,26	8–16
Csikó (5)	0,25–0,33	15–20
Szarvasmarha (6)	0,20–0,58	12–35
Borjú (7)	0,50–0,58	30–50
Sertés (100 kg) (8)	0,13–0,41	8–25
Malac (9)	0,33–0,83	20–50
Juh, kecske (10)	0,20–0,40	12–24
Bárány (11)	0,33–0,58	20–35
Nyúl (12)	0,67–1,00	40–60
Házi tyúk (13)	0,33–0,67	20–40

Table 3. Use species appropriate frequency bands in the power spectrum of HRV widths such as the respiratory rates in farm animal species (von Borell et al, 2007)

animal species (1); frequency band (Hz) (2); respiration rate (1/min) (3); adult horses (4); foal (5); cattle (6); calf (7); swine (100 kg) (8); pig (9); sheep, goats (10); lamb (11); rabbit (12); chicken (13)

Az LF- vagy más néven baro-csúcs az IBI-sorozatban a spektrumban létrejövő másik jellegzetes oszcilláció, mely a vérnyomás változásaihoz köthető. Ez a légzési szinuszaritmianál lassúbb, hosszabb periódusidejű oszcilláció szarvasmarhánál a 0,05–0,20 Hz-es tartományban található. Egyes kutatók megállapítása szerint ez a csúcs a vérnyomás periodikusan jelentkező ún. Mayer hullámainak tükröződése az IBI-sorozatban a vérnyomás szabályozásában szerepet játszó baroreflex révén (Kardos és Gingl, 1994). A HRV LF komponensét egyes kutatók a perifériás vazomotor tónus, főként termoregulátoros fluktuációival magyarázzák, valamint összefüggésbe hozzák a renin-angiotenzin rendszerrel, ugyanis e periodikusan ismétlődő változások hatásai az alacsonyfrekvenciájú sávban jutnak kifejezésre (Kardos és Gingl, 1994).

Az LF-csúcs eltüntetéséhez mind szimpatikus beta-blokád, mind paraszimpatikus blokád szükséges, vagyis, ellentétben a HF-csúccsal, mely kizárólag vágusz mediált, a baro-csúcs létrejöttében mind szimpatikus, mind paraszimpatikus aktivitás szerepet játszik (Malik és mtsai, 1996).

A HRV LF komponensét a témában kutatók elsősorban a szimpatikus aktivitás tónusának indikátoraként használják (Pagani és mtsai, 1986; Malliani, 1995; Houle és Billman 1999), mely növekedése a szimpatikus aktivitás erősödésére utal (Malik és mtsai, 1996). Egyes szerzők (Houle és Billman 1999; Després és mtsai, 2002; Mohr és mtsai, 2002) azonban rávilágítanak arra is, hogy mivel e komponens paraszimpatikus befolyás alatt is áll, nem mutatja pontosan a szimpatikus aktivitásban bekövetkező változásokat. Ezzel a megállapítással össz-

hangban vannak Kuwahara és mtsai (1996) korábbi eredményei is. A szerzők lovak vegetatív idegrendszeri működését vizsgálva arra a megállapításra jutottak, hogy a spektrális analízisben az alacsony frekvenciatartományok főként a szimpatikus és kis részben a paraszimpatikus hatásokat tükrözik.

Mivel a HF és az LF spektrális komponensek közül előbbi kizárólag a vágusz, utóbbi a vágusz és szimpatikus ideg közvetítésével jön létre (Malik és mtsai, 1996), e komponensek arányából a szimpatikus-paraszimpatikus kimenetek egymáshoz viszonyított aktivitására lehet következtetni. Ezzel összhangban von Borell és mtsai (2007) megállapítása szerint a spektrum két frekvenciasávjának hányadosa (LF/HF arány) a szimpatikus aktivitás, valamint a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly indexeként egyaránt alkalmazható. Ez a paraméter a legtöbb szerző szerint a fizikai és a pszichológiai stressz által bekövetkező szimpatikus aktivitás növekedésének megbízható jelzőszáma, ugyanis az LF/HF arány növekedése a szimpatikus szabályozás dominanciájára utal (Yamamoto és mtsai, 1991; Marchant-Forde és mtsai, 2004a; Stewart és mtsai, 2008). Az LF/HF arány számításakor szem előtt kell tartanunk ugyanakkor, hogy az eredményt a szervezetben zajló egyéb fiziológiai funkciók, mint pl. a termoreguláció vagy az izompotenciálból adódó aktivitás is befolyásolhatják.

Bár a nagyon alacsony frekvenciás tartomány (VLF) élettani értelmezése ma még vitatott, annyi bizonyos, hogy a 0,40 Hz alatti frekvencián zajló változásokkal (Tóthné Maros, 2009), valamint – az LF komponenshez hasonlóan – a szimpatikus, illetve a paraszimpatikus és a szimpatikus alrendszer együttes aktivitásával (Kardos és Gingl, 1994) hozható összefüggésbe.

A HRV frekvenciatartományban való elemzésére a legtöbb szerző szerint minimum 5 perces, folyamatos és hibátlan adatsorok szükségesek (Malik és mtsai, 1996; von Borell és mtsai, 2007).

A műszerhez tartozó szoftver kiszámolja a HRV-spektrum meghatározott frekvenciahatárok közötti sávjainak teljesítményét, mely rávilágít a szimpatikus és paraszimpatikus hatások relatív arányaira. Az IBI-jelek frekvenciatartományban való ilyen módú feldolgozása lehetővé teszi a periodicitások és a HR-t szabályozó hatások elkülönítését. Ezáltal válik a HRV az állati szervezetre ható stressztényezők indikátorává. Stresszhelyzetben ugyanis a paraszimpatikus hatás általában

4. táblázat

A frekvenciatartományban számított paraméterek

Total power (ms ²)	Teljes spektrális teljesítmény (1)
HF (ms ²)	A magas frekvenciás komponens spektrális teljesítménye (2)
LF (ms ²)	Az alacsony frekvenciás komponens spektrális teljesítménye (3)
VLF (ms ²)	A nagyon alacsonyfrekvenciás komponens spektrális teljesítménye (4)
LF/HF ratio (%)	Az alacsony- és magas frekvenciás komponensek aránya (5)
HF/total power	A magas frekvenciás komponens relatív aránya (6)

Table 4. The parameters of the frequency-domain analysis

total power (1); the spectral power of the high-frequency component (2); the spectral power of the low-frequency component (3); the spectral power of the very low-frequency component (4); the ratio of the low- and high-frequency component (5); the relative ratio of the high-frequency component (6)

lecsökken, a szimpatikus hatás pedig felerősödik (Porges, 1995). Ennek jelentős szerepe lehet olyan vizsgálatokban, amikor a HRV-t és a viselkedést szinkronizáltan kívánjuk elemezni. A spektrális analízis során kiszámított legfontosabb paramétereket a 4. táblázat foglalja össze:

Geometriai elemző módszerek

A geometriai elemző módszerek eredményességét és pontosságát kevésbé befolyásolja a rögzített adatok minősége, ezért az e módszerekkel számított paraméterek jó alternatívái lehetnek a bizonyos esetekben nehezebben értelmezhető, időtartományban számított statisztikai paramétereknek. Hátrányuk azonban, hogy ezekkel az eljárásokkal rövid időtartamú mérések elemzése nem lehetséges. Geometriai elemző módszerek használatakor Brennan és mtsai (2002) az adat-rögzítés időtartamának legalább 20 percet javasolnak.

Ezek az eljárások az IBI-jeleket különböző geometriai alakzatokként jelenítik meg. A legtöbb szerző a HRV három geometriai leképezését alkalmazza tanulmányaiban: a háromszög-indexet (HRV triangular index, HRV_{index}), ennek módosított paraméterét, az IBI-jelek háromszög-interpolációját (triangular interpolation, TINN) és a Poincaré-grafikont.

A HRV háromszög-index az összes IBI számának az IBI-jelek sűrűség megoszlás maximumával való hányadosa. A HRV_{index} és a TINN a HRV átfogó, általánosan becsülő paraméterei (Malik és mtsai, 1989; Farrell és mtsai, 1991), melyek segítségével a 24 órás mérések alatt regisztrált IBI-jelek hosszú távú varianciája is meghatározható (Saul és mtsai, 1988). Szoros korrelációban vannak az SDNN paraméterrel.

A Poincaré-grafikon egy egyszerű és könnyen megérthető elemző módszere a HRV értékelésének (Niskanen és mtsai, 2004), mely a HR rövid és hosszú távú variációját egyaránt reprezentálja (Brennan és mtsai, 2002). Amennyiben rövid időtartományban végezzük a HRV-adatok értékelését, hasznos információkkal szolgál a paraszimpatikus idegi működésről (Kamen és mtsai, 1996) a vizsgálati periódus alatt rögzített IBI-jelek variációjának grafikus úton való kvalitatív leképezésével (von Borell és mtsai, 2007). A grafikon minden IBI-hoz az azt követő IBI-t rendeli hozzá, vagyis az egymást követő IBI-jelek közötti összefüggést jeleníti meg.

A legegyszerűbb módja a grafikon elemzésének az ún. ellipszisteknika. Az ellipszist az ún. identitás-egyenesre fektetjük, mely így 45°-os szöget zár be a normál tengellyel. A pontok identitás-egyenesre merőleges szórása (SD1) a HRV rövid távú variációját kifejező paraméter, melyet elsősorban a légzési szinuszaritmia okoz. Az identitás-egyenessel párhuzamos szórás (SD2) a hosszú távú variációt írja le (10. ábra).

Amennyiben a HRV-értékek kisebbek, keskenyebb ellipszist kapunk, ha nagyobb a variancia mértéke, az ellipszis területe megnő. A Poincaré-grafikon elemzésének további módjai a hisztogram-technika, mely külön-külön hisztogramokon ábrázolja az IBI-jeleket (IBI-hisztogram), valamint a HR rövid (SD1) és hosszú távú (SD2) variációját.

A módszer előnye, hogy könnyen átlátható, azonban egyes szerzők (Brennan és mtsai, 2001, 2002) a korlátai között említik, hogy az elemzéshez használt, ún. származtatott statisztikák miatt az itt kapott paraméterek nem függetleníthetők az időtartományban végzett elemzésektől.

10. ábra A Poincaré-grafikon (Kamen és mtsai, 1996)

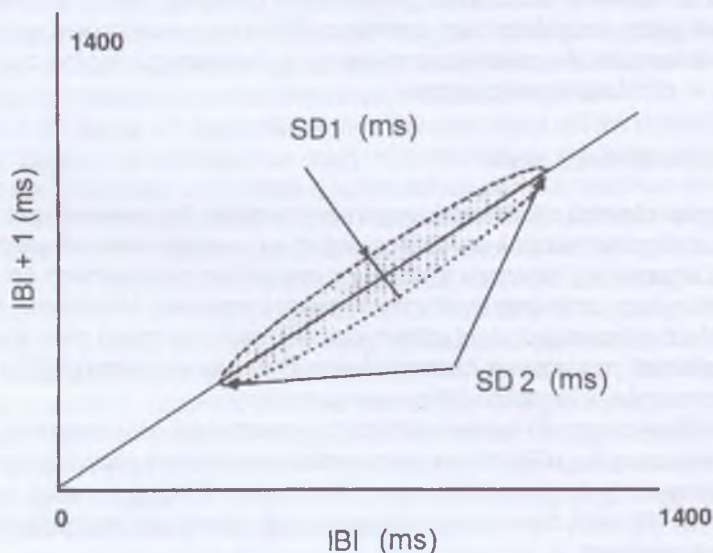


Figure 10. The Poincaré-graph (Kamen et al, 1996)

IBI: inter-beat interval (ms) (horizontal axis); ms: millisecond; SD1: standard deviation of points perpendicular to the axis of line of identity; SD2: standard deviation of points along the axis of line of identity.

Nem lineáris elemző módszerek

Korábban a HRV elemzése csak az idő- és frekvenciatartományban végzett értékelő módszerekre korlátozódott (Kleiger és mtsai, 1995). Azóta bizonyítást nyert, hogy a szív működés egy rendkívül összetett élettani jelenség, melyre nem csak a vegetatív idegrendszer két nagy alrendszere, hanem a szervezetben zajló számos élettani folyamat (pl. anyagcsere metabolitok), illetve az állatot érő különböző környezeti hatások egyaránt hatással vannak. Mára már elfogadott, hogy a HRV létrejöttében olyan nem lineáris jelenségek is szerepet játszanak, (Saul és mtsai, 1988; Farrell és mtsai, 1991), melyek kialakulásáért az összetett haemodinamikus, elektrofiziológiai és humorális kölcsönhatásokban mutatkozó variabilitás éppúgy felelős, mint a vegetatív és központi idegrendszeri irányítás (Schmidt és Monfill, 1995). Napjainkban ezért a HRV nem lineáris komponenseinek elemzése is fontos területét képezik a HRV kutatásának.

A fiziológiai adatsorok nem lineáris összetevőinek meghatározására a legáltalánosabban használt módszer a Zbilut és Webber (1992) által kidolgozott RQA (Recurrence Quantification Analysis) elemző módszer. Ez az eljárás független olyan limitáló tényezőktől, mint pl. az adatsorok hossza, a nem állandó adatok sodródása, és az adatok statisztikai megoszlásával kapcsolatos feltételezések, (Malik és mtsai, 1989; Schmidt és Monfill, 1995) ezért ideális esetben jól alkalmazható olyan fiziológiai rendszerek elemzésére, melyekre jellemzőek a nem homeosztatisz motívumok és állapotváltozások (Giuliani és mtsai, 1998).

Az RQA-technika kvantitatív paraméterei (recurrence, %REC; determinism, %DET; L_{MAX} ; entropy; trend) a HRV nem lineáris összetevőit többdimenziós tér-

ben képezik le. A %REC és a %DET paraméterek a HRV-tachogram szabályozását írják le a többdimenziós térben. Az entropy, az L_{MAX} és a trend a variancia dinamikájával összefüggő információkat hordozza (Giuliani és mtsai, 1998).

Bár a nem lineáris paraméterek a HR-ben kifejezésre jutó komplex rendszerek jellemzésére bizonyos esetekben hatékonyak lehetnek, alkalmazásuk a mai napig nem hozott nagy áttörést – még az orvostudományban sem. Ennek oka, hogy a HRV nem lineáris alkotóelemeinek elemző módszerei jelenleg még nehezen alkalmazhatóak, és a kapott eredmények értelmezése is számos ponton vitatott. Valószínűleg ez az oka annak, hogy ezek az eljárások a humán orvostudományban sem terjedtek el szélesebb körben.

A SZÍVRITMUS-VARIANCIA VIZSGÁLATOK KORLÁTAI

Véleményünk szerint a HRV vizsgálata hamarosan a szarvasmarhában végzett viselkedésetti kutatások egyik módszere lehet, azonban a módszer ismertett előnyeinek túl fel kell hívunk a figyelmet az alkalmazásával járó, elsősorban módszertani jellegű nehézségekre is. Ezek közé tartozik az aktivitásból adódó HR-változások elkülönítése. Jelentős viselkedésszerű változás (megnövekedett mozgási aktivitás) fordulhat elő ugyanis a szabadon mozgó vizsgálati állatoknál. E probléma kiküszöbölésére több lehetőség is kínálkozik. A különböző stresszhatások vizsgálata során egyes kutatók megpróbálták az állatok mozgási aktivitását a lehetőségekhez mérten kontrollálni (Rushen és mtsai, 1999; Mohr és mtsai, 2002; Visser és mtsai, 2002). Bevált módszer, hogy a vizsgált egyedeket a mérések idejére egy kisebb karámba helyezik. Egy másik megoldás, hogy az adatok kiértékelésekor azokat a megfigyelési szakaszokat hasonlítják össze, ahol az egyedek fizikai aktivitása megközelítőleg hasonló volt (Rietmann és mtsai, 2004a). Egyes szerzők szerint a fizikai aktivitásból adódó motoros és nem-motoros HR-válaszok statisztikai modellek segítségével elkülöníthetők (Visser és mtsai, 2002).

Megállapítható tehát, hogy a mozgási aktivitás jelentős nehézségeket okozhat az adatok kiértékelése során, mégis, módszertanilag talán ez a legkönnyebben áthidalható probléma. Ezt kutatások sora igazolja, ugyanis a legtöbb publikáció szerint a jelek transzmitter általi továbbítása okozza a legnagyobb nehézséget a HRV-paraméterek értékelésekor (Minero és mtsai, 2001; Mohr és mtsai, 2002; Hagen és mtsai, 2005; Janžeković és mtsai, 2006; Tóthné Maros, 2009). E probléma hátterében legtöbbször a nem megfelelő bőr-elektroda érintkezésből adódó gyengébb vezetőképesség áll (Clapham és mtsai, 2007). Mivel általában szabadon mozgó, éber állatokon végzik a méréseket, az elektrodák bizonyos mértékű mozgása, illetve az elektroda-bőrfelszín érintkezésének átmeneti megszakadása a legtöbb esetben elkerülhetetlen (Tóthné Maros, 2009). A gyors helyzetváltoztatás ugyanis sok esetben az elektrodák elmozdulását eredményezheti. Ilyenkor a műszerben az IBI-jelek érzékelése átmenetileg megszűnik, ezen időszakok alatt 0 ms-s IBI-értékeket kapunk (Tóthné Maros, 2009). Ezt erősíti meg Minero és mtsai (2001) megállapítása, mely szerint a terepen regisztrált adatokból szerkesztett abnormális hullámok legtöbbször az elektrodák bőrön való elmozdulásából adódnak. A jelek érzékelésének átmeneti kiesése hátterében Gygyax és mtsai (2008) szerint legtöbbször az elektrodák kiszáradása áll.

Egyes kutatások (Storck és mtsai, 2001; Wilson, 2001) a módszer állati viselkedésből eredő korlátairól is beszámoltak. A vizsgálati csoportokban fennálló bizonyult szociális kapcsolatok és az ezekből adódó viselkedési és pszichés hatások ugyanis külön-külön is befolyásolhatják az eredményeket. Az adatok kiértékelésében problémát okozhatnak továbbá a HRV-értékekben mutatkozó nagy egyedi eltérések és az izom akciós potenciáljából keletkező 'zörejek' hatásai is (Berntson és Stowell, 1998; Langer és mtsai, 2010).

Az IBI-jelek hibás mérésének és értékelésének az eddig említetteken kívül számos egyéb oka is lehet. A hibás jelek lehetnek biológiai eredetűek is (Tóthné Maros, 2009) úgymint a szív működésében fellépő zavarok (pl. stressz következtében jelentkező szinuszaritmia), de lehetnek külső okai is, melyek a mérőrendszer korlátaival tükröződik. Ilyen eset lehet, amikor az állat túlzott fizikai aktivitása következtében az elektródák nem vezetnek megfelelően az elektromos jeleket, esetleg valamilyen elektromágneses zavarás lép fel a környezetben (elektromágneses interferencia). Előfordulhat, hogy a műszer meghibásodik vagy a program nem képes a QRS-komplex (az EKG-görbén megjelenő Q-, R-, valamint S-hullám, lásd: 1. ábra) felismerésére (Marchant-Forde és mtsai, 2004b; von Borell és mtsai, 2007; Tóthné Maros, 2009). Az ilyen hibás jelek megjelenésükkel megszakítják a normális HRV-t. Tóthné Maros (2009) szerint egy másik hibalehetőség, ha a műszer túl alacsony vagy túl magas küszöbértékekre van beállítva a QRS-komplex R csúcsának mérését illetően. Ezekben az esetekben vagy túl nagy (magas küszöbérték) vagy túl kicsi (alacsony küszöbérték) IBI-értékeket kapunk, amelyek a további számításaink eredményeit nagymértékben torzíthatják. A szerző az IBI-adatsorok ellenőrzésének egyik legkézenfekvőbb módjaként a vizuális elemzést javasolja. Megállapítása szerint ilyenkor azonnal felfedezhetőek az átlagtól nagymértékben eltérő mérési eredmények. A nagymértékben eltérő adatpontok javítása ezek után a két legközelebbi adatpont átlagának behelyettesítésével történhet, amennyiben csak 1 adatpontban volt hibás mérési eredmény (Tóthné Maros, 2009). Az adatrögzítés során keletkezett hibás jelek egy részét a műszerekhez tartozó szoftverek speciális algoritmusai automatikusan kijavítják (Niskanen és mtsai, 2004; von Borell és mtsai, 2007).

MEGBESZÉLÉS

Elmondható, hogy a humán vonatkozásban megjelent számos publikációval szemben a HRV témakörében – a HR-kutatásokkal ellentétben – napjainkig az alkalmazott állattenyésztés és a viselkedésélettan területén igen kevés tanulmány látott napvilágot. Hazánkban a HRV vizsgálatában eddig csak ló (Nagy és mtsai, 2009) és kutya (Tóthné Maros, 2009) fajokban születtek figyelemre méltó eredmények, míg külföldi kutatások olyan gazdaságilag fontos haszonállatokat is vizsgálatba vontak, mint pl. a szarvasmarha és a sertés. E tekintetben mindenképpen vizsgálendő területnek számít Magyarországon a HRV kutatása szarvasmarhában.

Az eddigi eredmények azt sugallják, hogy a HRV vizsgálatával lényegesen többet tudhatunk meg a vegetatív idegrendszer működéséről és az adott eseményhez tartozó idegrendszeri aktivációk feltérképezéséről, ahhoz képest, ha csak HR-adatokat értékelnénk.

A vizsgálati eredmények egyértelműen bizonyítják, hogy a nagyfrekvenciás komponens (HF), illetve a szinuszaritmia megbízható indikátorai a paraszimpatikus idegi aktivitásnak. Az is igazolásra került, hogy az alacsonyfrekvenciás (LF) vagy baro-csúcs eltüntetéséhez mind szimpatikus beta-blokád mind paraszimpatikus blokád szükséges, tehát a baro-csúcs létrejöttében a szimpatikus és a paraszimpatikus aktivitás egyaránt szerepet játszik.

A legtöbb vizsgálatban a Polar S810i, illetve a Polar Vantage NV modelleket használták. Az újabb típusok (Polar R-R Recorder, Polar Equine) már 24 órás terméshétközi körülmények közötti mérések kivitelezésére is alkalmasak bizonyos feltételek teljesülése esetén. Megállapítható, hogy a műszerek rögzítésének a megfelelő vezetőképesség kialakulása érdekében kiemelkedően fontos szerepe van a vizsgálatok korrekt kivitelezését és sikerességét illetően. A HRV-vizsgálatok során felmerülő módszertani jellegű problémák közül indokolt kiemelni a hibás IBI-adatok javításának szükségességét.

Az idő- és frekvenciatartományban végzett elemzések paraméterei közötti erős korreláció miatt a két módszer együttes alkalmazása javasolható, mert a HRV-adatsorok kiértékelésekor jól kiegészítik egymást. A geometriai módszerek a HRV grafikai leképezésével olyan paramétereket szolgáltatnak, melyek bizonyos esetekben az idő- és frekvenciatartományban számított indexeket jól kiegészítik. A nem lineáris módszerek alkalmazása még nem általános.

Összességében kijelenthetjük, hogy a HRV-vizsgálatok sikeressége szarvasmarhában nagyon függ a mérések kivitelezhetőségétől alapvetően meghatározó módszertani elemek helyes megválasztásától. Nagy hangsúlyt kell fektetni továbbá az elemző módszerek korrekt alkalmazására és a regisztrált adatsorok szakszerű kiértékelésére. Ha ugyanis az adatelemzés során sikerül a vizsgált környezeti faktorok következtében fellépő, különböző periódusidejű ritmicitásokat szétválasztanunk, és ki tudjuk deríteni, hogy melyiket melyik idegi tónus hozza létre, akkor a HRV bizonyos paraméterei a szimpatikus, illetve a paraszimpatikus aktivitás, ezáltal a stressz indikátorai lehetnek a szarvasmarhában végzett viselkedéstudományi kutatásokban.

IRODALOM

- Ackerman, J.T. – Takekawa, J.Y. – Kruse, K.L. – Orthmeyer, D.L. – Yee, J.L. – Ely, C.R. – Ward, D.H. – Bollinger, K.S. – Mulcahy, D.M. (2004): Using radiotelemetry to monitor cardiac response of free-living Tule Greater White-fronted geese (*Anser albifrons elgasi*) to human disturbance. The Wilson Bulletin, 116. 146–151.
- Aharoni, Y. – Brosh, A. – Kourilov, P. – Arieli, A. (2003): The variability of the ratio of oxygen consumption to heart rate in cattle and sheep at different hours of the day and under different heat load conditions. Livest. Sci., 79. 107–117.
- Akselrod, S. (1995): Components of heart rate variability – basic studies. In: Malik, M. – Camm, A.J. (eds.) Heart rate variability. Futura Publishing, Armonk, New York, 147–163.
- Akselrod, S. – Gordon, D. – Madwed, J.B. – Snidman, N.C. – Shannon, D.C. – Cohen, R.J. (1985): Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. Am. J. Physiol., 249. 867–875.
- Akselrod, S. – Gordon, D. – Ubel, F.A. – Shannon, D.C. – Berger, A.C. – Cohen, R.J. (1981): Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. Science, 213. 220–222.
- Arave, C.W. – Bunch, T.D. – Callan, R.J. (1991): Measuring stress in cattle via implanted heart-rate transmitters. Journal of Animal Science. 69. 236.
- Bachmann, I. – Bernasconi, P. – Herrmann, R. – Weishaupt, M.A. – Stauffacher M. (2003): Behavioral and physiological responses to an acute stressor in crib-biting and control horses. Appl. Anim. Behav. Sci., 82. 297–311.

- Beerda, B. – Schilder, B.H. – Van Hoof, A.M. – De Vries, H.W. – Mol, J.A. (1998): Behavioural, saliva cortisol and heart rate responses to different types of stimuli in dogs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 58. 365–381.
- Bernston, G.G. – Stowell, J.R. (1998): ECG artefacts and heart period variability: don't miss a beat! *Psychophysiology*, 35. 127–132.
- Borell von, E. (2000): Stress and coping in farm animals. *Arch. Tierz.*, 43. 144–152.
- Borell von, E. – Langbein, J. – Després, G. – Hansen, S. – Leterrier, C. – Marchant-Forde, J. – Marchant-Forde, R. – Minero, M. – Mohr, E. – Prunier, A. – Valance, D. – Veissier, I. (2007): Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals – A review. *Physiol. Behav.*, 92. 293–316.
- Brennan, M. – Palaniswami, M. – Kamen, P. (2001): Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of Heart Rate Variability? *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 48. 1342–1347.
- Brennan, M. – Palaniswami, M. – Kamen, P. (2002): Poincaré plot interpretation using a physiological model of HRV based on a network of oscillators 2. *Am. J. Physiol.*, 283. 1873–1886.
- Brosh, A. (2007): Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review. *Anim. Sci.*, 85. 1213–1227.
- Brosh, A. – Aharoni, Y. – Degen, A. – Wright, D. – Young, B.A. (1998a): Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *J. Anim. Sci.*, 76. 2671–2677.
- Brosh, A. – Aharoni, Y. – Degen, A. – Wright, D. – Young, B.A. (1998b): Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. *J. Anim. Sci.*, 76. 3054–3064.
- Brosh, A. – Henkin, Z. – Ungar, E.D. – Dolev, A. – Orlov, A. – Yehuda, Y. – Aharoni, Y. (2006): Energy cost of cows' grazing activity: The use of heart rate GPS methods for direct field estimation. *J. Anim. Sci.*, 84. 1951–1967.
- Brosh, A. – Henkin, Z. – Ungar, E.D. – Gutman, M. – Dolev, A. – Aharoni, Y. (2003): Grazing behaviour and energy expenditure of cows during three seasons of the year: measurements by GPS and heart rate techniques. 6th Int. Symp. Nutr. Herb., Merida, Yucatan, Mexico, 385–389.
- Buccelletti, E. – Gilardi, E. – Scaini, E. (2009): Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and metanalysis. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.*, 13. 299–307.
- Buuse van den, M. – Malpas, S. (1997): 24-hour recordings of blood pressure, heart rate and behavioural activity in rabbits by radio-telemetry: effects of feeding and hypertension. *Physiol. Behav.*, 62. 83–89.
- Carney, R.M. – Freedland, K.E. (2009): Depression and heart rate variability in patients with coronary heart disease. *Cleve. Clin. J. Med.*, 76. 13–17.
- Clapham, W.M. – Fedders, J.M. – Swecker Jr., W.S. – Scaglia, G. – Fontenot, J.P. (2007): Heart rate variation: does it indicate stress in calves at weaning? Kézirat.
- Cooley, J.W. – Tukey, O.W. (1965): An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series. *Math. Comput.*, 19. 297–301.
- De Jong, I.C. – Sgoifo, A. – Lambooi, E. – Korte, S.M. – Blokhuis, H.J. – Koolhaas, J.M. (2000): Effects of social stress on heart rate and heart rate variability in growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 80. 273–280.
- Després, G. – Veissier, I. – Boissy, A. (2002): Effect of autonomic blockers on heart period variability in calves: evaluation of the sympatho-vagal balance. *Physiol. Res.*, 51. 347–353.
- Eager, R.A. – Norman, S.E. – Waran, N.K. – Price, J.P. – Welsh, E.M. – Marlin, D.J. (2004): Repeatability, diurnal variation and temperament: factors affecting heart rate variability in horses. *Proc. 38th Int. Congr. ISAE, Helsinki, Finland*, 235.
- Eloranta, E. – Norberg, H. – Nilsson, A. – Pudas, T. – Säkkinen, H. (2002): Individually Coded Telemetry: a Tool for Studying Heart Rate and Behaviour in Reindeer Calves. *Acta Vet. Scand.*, 43. 135–144.
- Ewing, D.J. – Martin, C.N. – Young, R.J. – Clarke, B.F. (1985): The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetes. *Diabetic Care*, 8. 491–498.
- Farrell, T.G. – Bashir, Y. – Cripps, T. – Malik, M. – Poloniecki, J. – Bennett, E.D. – Ward, D.E. – Camm, A.J. (1991): Risk stratification for arrhythmic events in post infarction patients based on heart rate variability, ambulatory electrocardiographic variables and signal averaged ECG. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 18. 687–697.
- Francis, J.L. – Weinstein, A.A. – Krantz, D.S. (2009): Association between symptoms of depression

- and anxiety with heart rate variability in patients with implantable cardioverter defibrillators. *Psychosom. Med.*, 71. 821–827.
- Friedman, B.H. – Thayer, J.F. (1998): Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability. *J. Psychosom. Res.*, 44. 133–151.
- Giese, M. – Handsworth, R. – Stephenson, R. (1999): Measuring resting heart rates in penguins using an artificial egg. *J. Field. Ornithol.*, 70. 49–54.
- Giuliani, A. – Piccirillo, G. – Marigliano, V. – Colosimo, A. (1998): A non-linear explanation for aging induced changes in heartbeat dynamics. *Am. Journ. Physiol.*, 275. 1455–1461.
- Gygax, L. – Neuffer, I. – Kaufmann, C. – Hauser, R. – Wechsler, B. (2008): Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate-variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109. 167–179.
- Hagen, K. – Langbein, J. – Schmied, C. – Lexer, D. – Waiblinger, S. (2005): Heart rate variability in dairy cows – influences of breed and milking system. *Physiol. Behav.*, 85. 195–204.
- Harri, M. – Kohonen, T. – Mononen, J. (1994): Heart rate of blue fox (*Alopex lagopus*) in normal and simulated situations of farm life. *Proc. 28th Int. Congr. ISAE*, Foulum, Denmark, 3–6. 34.
- Hirsh, J.A. – Bishop, B. (1981): Respiratory sinus arrhythmia in humans; how breathing pattern modulates heart rate. *Am. J. Physiol.*, 241. 620–629.
- Hon, E.H. – Lee, S.T. (1965): Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observations. *Am. J. Obstet. Gynec.*, 87. 814–826.
- Hopster, H. – Blokhuis, H.J. (1994): Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress-response in dairy-cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 74. 465.
- Hopster, H. – O'Connell, J.M. – Blokhuis, H.J. (1995): Acute effects of cow-calf separation on heart rate, plasma cortisol and behaviour in multiparous dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 44. 1–8.
- Houle, M.S. – Billman, G.E. (1999): Low-frequency component of the heart rate variability spectrum: a poor marker of sympathetic activity. *Am. J. Physiol.*, 276. 215–223.
- Hull, S. – Evans, S. – Vanoli, A.R. – Adamson, E. – Stramba, P.B. – Badiale, M. – Albert, D.E. – Foreman, R.D. – Schwartz, P.J. (1990): Heart rate variability before and after myocardial infarction in conscious dogs at high and low risk of sudden death. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 16. 978–985.
- Janžeković, M. – Muršec, B. – Janžeković, I. (2006): Techniques of measuring heart rate in cattle. *Tehniki Vjesnik*, 13. 31–37.
- Kamen, P.W. – Krum, H. – Tonkin, A.M. (1996): Poincaré plot of heart rate variability allows quantitative display of parasympathetic nervous activity in humans. *Clin. Sci.*, 91. 201–218.
- Kanters, J.L. – Hojgaard, M.V. – Agner, E. – Holsteinrathlou, N.H. (1996): Short- and long-term variations in non-linear dynamics of heart rate variability. *Cardiovasc. Res.*, 31. 400–409.
- Kanwisher, J.W. – Williams, T.C. – Teal, J.M. – Lawson, K.O. (1978): Radiotelemetry of heart rates from free-ranging gulls. *The Auk*, 95. 288–293.
- Kardos A. – Gingl Z. (1994): A szisztémás vérnyomás és a pulzusvariabilitás folyamatos, nem invazív, on-line vizsgálata emberben. *Cardiol. Hung.*, 2. 39–52.
- Kleiger, R.E. (1995): Heart rate variability and mortality and sudden death post infarction. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.*, 6. 365–367.
- Kleiger, R.E. – Miller, J.P. – Bigger, J.T. Jr. – Moss, A.J. (1987): Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 59. 256–262.
- Kleiger, R.E. – Stein, P.K. – Bosner, M.S. – Rottman, J.N. (1992): Time domain measurements of heart rate variability. *Cardiol. Clin.*, 10. 487–498.
- Kohonen, T. – Mononen, J. – Harri, M. (1994): Heart rate of farmed blue foxes in different behavioural states. *Suomen Eläinlääkärilehti*, 100. 129.
- Konold, T. – Bone, G.E. – Simmons, M.M. (2011): Time and frequency domain analysis of heart rate variability in cattle affected by bovine spongiform encephalopathy. *BMC Research Notes*, 4. 259.
- Korte, S.M. – Ruesnik, W. – Blokhuis, H.J. (1999) Heart rate variability during manual restraint in chicks from high- and low-feather pecking lines of laying hens. *Physiol. Behav.*, 65. 649–652.
- Kuwahara, M. – Hashimoto, S. – Ishii, K. – Yagi, Y. – Hada, T. – Hiraga, A. – Kai, M. – Kubo, K. – Oki, H. – Tsubone, H. – Sugano, S. (1996): Assessment of autonomic nervous function by power spectral analysis of heart rate variability in the horse. *J. Auton. Nerv. Syst.*, 60. 43–48.
- Kuwahara, M. – Hiraga, A. – Kai, M. – Tsubone, H. – Sugano, S. (1999): Influence of training on autonomic nervous function in horses: evaluation by power spectral analysis of heart rate variability. *Equine Vet. J. Suppl.* 30. 178–180.

- Kuwahara, M. – Tsujino, Y. – Tsubone, H. – Kumagai, E. – Tsutsumi, H. – Tanigawa, M. (2004): Effects of pair housing on diurnal rhythms of heart rate and heart rate variability in miniature swine. *Exp. Anim.*, 53. 4. 303–309.
- Langbein, J. – Nürnberg, G. – Manteuffel, G. (2004): Visual discrimination learning in dwarf goats and associated changes in heart rate and heart rate variability. *Physiol. Behav.*, 82. 601–609.
- Langer D. – Faludi J. – Tóth M. – Sótónyi P. (2010): A ló teljesítményét megalapozó sporélettani kutatások. (In Hungarian, with English summary). *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 59. 267–276.
- Láng E. (1994): A vegetatív reaktivitás pszichofiziológiai vizsgálata emberen. Progress Report. OTKA (622) Beszámoló.
- Lefcourt, A.M. – Erez, B. – Varner, M.A. – Barfield, R. – Tasch, U. (1999): A noninvasive radiotelemetry system to monitor heart rate for assessing stress responses of bovines. *J. Anim. Sci.*, 82. 1179–1187.
- Lemaire, V. – Mormede, P. (1995): Telemetered recording of blood pressure and heart rate in diffrenet strains of rats during chronic social stress. *Physiol. Behav.*, 58. 1181–1188.
- Loijens, L.W. – Janssens, C.J. – Schouten, W.G. – Wiegant, W.M. (2002): Opioid activity in behavioral and heart rate responses of tethered pigs to acute stress. *Physiol. Behav.*, 75. 621–626.
- Luczak, H. – Luring, W.J. (1973): An analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16. 85–97.
- Malik, M. – Bigger, J.T. – Camm, A.J. – Kleiger, R.E. – Malliani, A. – Moss, A.J. – Schwartz, P.J. (1996): Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur. Heart J.*, 17. 354–381.
- Malik, M. – Farrell, T. – Cripps, T. – Camm, A.J. (1989): Heart rate variability in relation to prognosis after myocardial infarction: selection of optimal processing techniques. *Eur. Heart J.*, 10. 1060–1074.
- Malliani, A. (1995): Association of heart rate variability components with physiological regulatory mechanisms. In: Malik, M. – Camm, A.J. (eds.) *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, 173–188.
- Marchant, J.N. – Rudd, A.R. – Broom, D.M. (1997): The effects of housing on heart rate of gestating sows during specific behaviours. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 55. 67–78.
- Marchant-Forde, R.M. – Marchant-Forde, J.N. (2004a): Pregnancy-related changes in behavior and cardiac activity in primiparous pigs. *Physiol. Behav.*, 82. 815–825.
- Marchant-Forde, R.M. – Marlin, D.J. – Marchant-Forde, J.N. (2004b): Validation of a cardiac monitor for measuring heart rate variability in adult female pigs: accuracy, artefacts and editing. *Physiol. Behav.*, 80. 449–458.
- Minero, M. – Canali, E. – Ferrante, V. – Carenzi, C. (2001): Measurement and time domain analysis of heart rate variability in dairy cattle. *Vet. Rec.*, 149. 772–774.
- Mohr, E. – Langbein, J. – Nürnberg, G. (2002): Heart rate variability: A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiol. Behav.*, 75. 251–259.
- Mononen, J. – Kohonen, T. – Harri, M. – Rekilä, T. (1992): Heart rate, skin temperature and locomotor activity of farmed blue fox. *J. Anim. Sci.*, 70. 171.
- Montano, N. – Ruscone, T.G. – Porta, A. – Lombardi, F. – Pagani, M. – Malliani, A. (1994): Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. *Circulation*, 90. 1826–1831.
- Nagy K. – Bodó G. – Bárdos Gy. – Harnos A. – Kabai P. (2009): The effect of a feeding stress-test on the behaviour and heart rate variability of crib-biting horses (with or without inhibition). *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 121. 140–147.
- Nakagawa, S. – Waas, J.R. (2001): Heart rate changes reveal that little blue penguin chicks (*Eudyptula minor*) can use vocal signatures to discriminate familiar from unfamiliar chicks. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 50. 180–188.
- Neuffer, R. – Hauser, L. – Gygas, C. – Kaufmann, B. – Wechsler (2004): Behaviour of dairy cows milked in two automatic milking systems. *Proc. 38th Int. Congr. ISAE, Helsinki, Finland*, 82.
- Nilssen, K.J. – Johnsen, H.K. – Rognmo, A. – Blix, A.S. (1984): Heart rate and energy expenditure in resting and running Svalbard and Norwegian reindeer. *Am. J. Physiol.*, 246. 963–967.
- Nilsson, A. – hman, B. – Norberg, H. – Redbo, I. – Eloranta, E. – Olsson, K. (2006): Activity and heart rate in semi-domesticated reindeer during adaptation to emergency feeding. *Physiol. Behav.*, 88. 116–123.
- Niskanen, J.P. – Tarvainen, M.P. – Ranta-aho, P.O. – Karjalainen, P.A. (2004): Software for advanced HRV analysis. *Comp. Meth. Progr. Biomed.*, 76. 73–81.

- Ohmura, H. – Hiraga, A. – Aida, H. (2006): Changes in heart rate and heart rate variability in Thoroughbreds during prolonged road transport. *Am. J. Vet. Res.*, 67. 455–62.
- Pagani, M. – Lombardi, F. – Guzzetti, O. – Rimoldi, O. – Furlan, R. – Pizzinelli, P. – Sandrone, G. – Mal-fatto, G. – Dell'Orto, S. – Piccaluga, E. – Turiel, M. – Baselli, G. – Cerutti, S. – Malliani, A. (1986): Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympathovagal interaction in man and conscious dog. *Circ. Res.*, 59. 178–193.
- Palazzolo, J.A. – Estafanous, F.G. – Murray, P.A. (1998): Entropy measures of heart rate variation in conscious dogs. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.*, 274. 1099–1105.
- Physick-Sheard, P.W. – Marlin, D.J. – Thornhill, R. – Schroter, R.C. (2000): Frequency domain analysis of heart rate variability in horses at rest and during exercise. *Equine Vet. J.*, 32. 3. 253–262.
- Piccirillo, G. – Ogawa, M. – Song, J. – Chong, V.J. – Joung, B. – Han, S. – Magr, D. – Chen, L.S. – Lin, S.F. – Chen, P.S. (2009): Power spectral analysis of heart rate variability and autonomic nervous system activity measured directly in healthy dogs and dogs with tachycardia-induced heart failure. *Heart Rhythm*, 6. 546–552.
- Pizzi, C. – Manzoli, L. – Mancini, S. – Costa, G.M. (2008): Analysis of potential predictors of depression among coronary heart disease risk factors including heart rate variability, markers of inflammation, and endothelial function. *Eur. Heart. J.*, 29. 1110–1117.
- Pomeranz, M. – Macaulay, R.J.B. – Caudill, M.A. (1985): Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am. J. Physiol.*, 248. 151–153.
- Pomfrett, C.J.D. – Glover, D.G. – Bollen, B.G. – Pollard, B.J. (2004): Perturbation of heart rate variability in cattle fed BSE-infected material. *Vet. Rec.*, 154. 687–691.
- Porges, S.W. (1995): Cardiac vagal tone: a physiological index of stress. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 19. 225–233.
- Richards, J.I. – Lawrence, P.R. (1984): The estimation of energy expenditure from heart rate measurements in working oxen and buffalo. *J. Agric. Sci.*, 102. 711–717.
- Rietmann, T.R. – Stauffacher, M. – Bernasconi, P. – Auer, J.A. – Weishaupt M.A. (2004a): The association between heart rate, heart rate variability, endocrine and behavioural pain measures in horses suffering from laminitis. *J. Vet. Med.*, 51. 218–225.
- Rietmann, T.R. – Stuart, A.E. – Bernasconi, P. – Stauffacher, M. – Auer, J.A. – Weishaupt, M.A. (2004b): Assessment of mental stress in warmblood horses: heart rate variability in comparison to heart rate and selected behavioural parameters. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 88. 121–136.
- Rushen, J. – De Passillé, A.M. – Munksgaard, L. (1999): Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *J. Dairy Sci.*, 82. 720–727.
- Saul, J.P. – Albrecht, P. – Berger, R.D. – Cohen, R.J. (1988): Analysis of long term heart rate variability: methods, 1/f scaling and implications. *Computers in Cardiology. IEEE Computer Society Press, Washington*, 419–422.
- Savory, C.J. – Kostal, L. (1997): Application of a radiotelemetry system for chronic measurement of blood pressure, heart rate, EEG, and activity in the chicken. *Physiol. Behav.*, 61. 963–969.
- Sayers, B.M. (1973): Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16. 17–32.
- Schechtman, V.L. – Kluge, K.A. – Harper, R.M. (1988): Time-domain system for assessing variation in heart rate. *Med. Biol. Eng. Comp.*, 26. 367–373.
- Schmidt, A. – Biau, S. – Möstl, E. – Becker-Birch, M. – Morillon, B. – Aurich, J. – Faure, J.M. – Aurich, C. (2010): Changes in cortisol release and heart rate variability in sport horses during long-distance road transport. *Dom. Anim. Endocrinol.*, 38. 179–189.
- Schmidt, G. – Monfill, G.E. (1995): Nonlinear methods for heart rate variability assessment. In: *Malik, M. – Camm, A.J. (eds.) Heart Rate Variability. Futura Publishing, Armonk, New York*, 87–98.
- Schmied, C. – Waiblinger, S. – Scharl, T. – Leisch, F. – Boivin, X. (2008): Stroking of different body regions by a human: Effects on behaviour and heart rate of dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109. 25–38.
- Selye J. (1976): Stressz distressz nélkül. Akadémiai Kiadó, Budapest, 24–25.
- Seo, T. – Sato, S. – Kosaka, K. – Sakamoto, N. – Tokumoto, K. (1998): Tongue-playing and heart rate in calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 58. 179–182.
- Sgoifo, A. – Koolhaas, J.M. – Musso, E. – De Boer, S.F. (1999): Different sympathovagal modulation of heart rate during social and nonsocial stress episodes in wild-type rats. *Physiol. Behav.*, 67. 733–738.
- Slangen, B.F. – Out, I.C. – Janssen, B.J. – Peeters, L.L. (1997): Blood pressure and heart rate variability in early pregnancy in rats. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.*, 273. 1794–1799.

- Snelderwaard, P.C. – van Ginneken, V. – Witte, F. – Voss, H.P. – Kramer, K. (2006): Surgical procedure for implanting a radiotelemetry transmitter to monitor ECG, heart rate and body temperature in small *Carassius auratus* and *Carassius auratus gibelio* under laboratory conditions. *Lab. Anim.* 40. 4. 465–468.
- Stein, P.K. – Bosner, M.S. – Kleiger, R.E. – Conger, B.M. (1994): Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *Am. Heart J.*, 127. 1376–1381.
- Stein, P.K. – Kleiger, R.E. (1999): Insights from the study of heart rate variability. *Annu. Rev. Med.*, 50. 249–261.
- Stewart, M. – Stafford, K.J. – Dowling, S.K. – Schaefer, A.L. – Webster, J.R. (2008): Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. Behav.*, 93. 789–797.
- Storck, N. – Ericson, M. – Linblad, L.E. – Jensen-Urstad, M. (2001): Automated computerized analysis of heart rate variability with digital filtering of ectopic beats. *Clin. Physiol.*, 21. 15–24.
- Tarvainen, M.P. – Ranta-aho, P.O. – Karjalainen, P.A. (2002): An advanced detrending method with application to HRV analysis. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 49. 172–175.
- Thayer, J.F. – Hahn, A.W. – Pearson, M.A. – Sollers, J.J. – Johnson, P.J. – Loch, W.E. (1997): Heart rate variability during exercise in the horse. *Biomed. Sci. Instrum.*, 34. 246–251.
- Tóthné Maros K. (2009): A kötődési és kommunikációs viselkedés és a szívműködés közötti kapcsolatot vizsgálata kutyákon. Doktori értekezés. ELTE Etológia Tanszék, Magyarország.
- Tóthné Maros K. – Tóth P. – Janan, J. (2010): A viselkedés hatása az állatok szívműködésére. (In Hungarian, with English summary). *Magyar Állatorvosok Lapja*, 132. 285–294.
- Visser, E.K. – Ellis, A.D. – van Reenen, C.G. (2008): The effect of two different housing conditions on the welfare of young horses stabled for the first time. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 114. 521–533.
- Visser, E.K. – van Reenen, C.G. – van der Werf, J.T.N. – Schilder, M.B.H. – Knaap, J.H. – Barneveld, A. – Blokhuis, H.J. (2002): Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. *Physiol. Behav.*, 76. 289–296.
- Voss, B. – Mohr, E. – Krzywanek, H. (2002): Effects of aqua-treadmill exercise on selected blood parameters and on heart-rate variability of horses. *J. Vet. Med.*, 49. 137–143.
- Waiblinger, S. – Menke, C. – Korff, J. – Bucher, A. (2004): Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 85. 31–42.
- Walters, K. – Rait, G. – Petersen, I. – Williams, R. – Nazareth, I. (2009): Panic disorder and risk of new onset coronary heart disease, acute myocardial infarction, and cardiac mortality: cohort study using the general practice research database. *Eur. Heart J.*, 29. 2981–2988.
- Wascher, C.A.F. – Arnold, W. – Kotrschal, K. (2008): Heart rate modulation by social contexts in grey-lag geese (*Anser anser*). *J. Comp. Psychol.*, 122. 100–107.
- Watkins, L.L. – Blumenthal, J.A. – Babyak, M.A. – Davidson, J.R.T. – McCants, C.B. – O'Connor, C. – Sketch, M.H. Jr (2010): Phobic anxiety and increased risk of mortality in coronary heart disease. *Psychosom. Med.*, 72. 664–671.
- Weisbard, C. – Graham, F.K. (1971): Heart-rate change as a component of the orienting response in monkeys. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 76. 74–83.
- Wenzel, C. – Schonreiter-Fischer, S. – Unshelm, J. (2003): Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livest. Prod. Sci.*, 83. 237–246.
- Wilson, G.F.A. (2001): Comparison of three cardiac ambulatory recorders using flight data. *Int. J. Aviation Psychol.*, 12. 111–119.
- Wolf, M.M. – Varigos, G.A. – Hunt, D. – Sloman, J.G. (1977): Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. *Med. J. Aust.*, 2. 52–53.
- Yamamoto, Y. – Hughson, R.L. (1991): Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability. *J. Appl. Physiol.*, 71. 1143–1150.
- Zbilut, J.P. – Webber, C.L. (1992): Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots. *Physics Letters, Section A*, 171. 199–203.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:

A Balassi Intézet Magyar Ösztöndíj Bizottsága (MÖB) és a Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) nemzetközi együttműködés támogatásával. Projekt szám: MÖB/38-8/2010.

Erkezett: 2011. mácius

Szerzők címe: Kovács L. – Szentlélek A. – Tózsér J.
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Állattenyésztés-tudományi Intézet

Authors' address: Szent Istvan University
Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
Institute of Animal Husbandry
H-2103 Gödöllő, Péter Károly u. 1.
Kovacs.Levente@mkk.szie.hu

GRATULÁLUNK

A 2012. évi Mezőgazdasági Könyvhónap ünnepélyes megnyitóján magas szintű tudományos publikációs teljesítményének elismeréseként **Horn Péter** alkotói életműdíjban részesült.

MIKROSZATELLIT MARKEREK FELHASZNÁLÁSA A HÁZI MÉHEK (*APIS MELLIFERA* L.) KUTATÁSÁBAN. IRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ

ZAKAR ERIKA – OLÁH JÁNOS – JÁVOR ANDRÁS – KUSZA SZILVIA

ÖSSZEFOGLALÁS

A mézelő méh az *Apis* nemzetség legismertebb tagja. Az *Apis mellifera*-n kívül az *A. cerana* (*Apis indica*) bír nagyobb jelentőséggel, míg a többi öt faj (*A. dorsata*, *A. florea*, *A. andreniformis*, *A. nigrocincta*, *A. koschevnikovi*) Dél- és Délkelet-Ázsia lakója és gazdaságilag szinte jelentéktelen. Az *Apis mellifera* fajon belül az *A. mellifera mellifera* (északi), *A. mellifera ligustica* (olasz), *A. mellifera carnica* (krajnai), *A. mellifera caucasica* (kaukázusi) gazdaságilag jelentős fajták. A Szerzők szakirodalmi publikációk által mutatják be a házi méh kutatásában alkalmazott mikroszatellitek azonosítását, izolálását és technikai fejlődését. A házi méhben tudományos és ökonomiai fontossága miatt számos mikroszatellit mutatott ki, melyek kiváló eszközei a genetikai diverzitás felmérésének és a géntérképezésnek. Mikroszatellitek használatával az egyedek könnyen, pontosan azonosíthatóak és új lehetőségeket biztosítanak a házi méhek kutatása területén. A fent említett módszerrel házi méhcsaládok apasági analízise is elvégezhető. A világ számos pontján végeznek ilyen és ehhez hasonló kutatásokat, melyeket az élen járó országok vizsgálatainak bemutatásán keresztül ismertetnek a Szerzők.

SUMMARY

Zakar, E. – Oláh, J. – Jávör, A. – Kusza, Sz.: THE USE OF MICROSATELLITE MARKERS IN THE STUDY OF HONEY BEE (*Apis mellifera* L.) (REVIEW ARTICLE)

The honey bee is the widest known member of the *Apis* genus. Besides the *Apis mellifera* the *Apis cerana* is the most significant, while the other five species (*A. dorsata*, *A. florea*, *A. andreniformis*, *A. nigrocincta*, *A. koschevnikovi*) which are native to South and South-East Asia, are economically insignificant. Within the *Apis mellifera* species the *A. mellifera mellifera* (Northern), the *A. mellifera ligustica* (Italian), *A. mellifera carnica* and *A. mellifera caucasica* are the economically significant subspecies. The authors are demonstrating the microsatellites determination, isolation and development applied in the honey bee research through relevant of publications. A number of microsatellites have been identified in honey bee, due to their scientific and ecological importance, which are excellent means of genetic diversity research and genome mapping. By using microsatellites, the individuals can be easily and accurately identified and new possibilities are opened in honey bee research. With the above mentioned method, the bee family's paternity analysis can also be carried out. This and similar researches are applied all around the world, the results of which are being reviewed via the studies of leading countries in this field.

BEVEZETÉS

Ruttner és mtsai (1978) a házi méh biodiverzitását először morfológiai bélyegek alapján mérték fel. Ruttner (1988) szerint a házi méh fajon belül morfológiájuk alapján 24 alfaj különböztethető meg. Ezen belül morfológiai bélyegek alapján három evolúciós származási vonal különíthető el. Az európai házi méh „M” melyben megjelenik az *Apis mellifera iberica* és *Apis mellifera mellifera*, az afrikai „A” és az észak mediterrán „C” melybe beletartozik az *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera carnica* és *Apis mellifera cecropia*. Franck és mtsai (2000) szerint az utóbbi molekuláris genetikai vizsgálatok bizonyították további két származási vonal meglétét, ami tartalmazza a közel kelet fajtáit és Etiópiából az *A. m. yemenica* fajtát. Jensen és Pedersen (2005) szerint a XX. század óta az ÉNy-európai méhtenyésztésben a kiválóbb fajták szerepelnek, főként az *Apis mellifera ligustica* Olaszországból és az *Apis mellifera carnica* a korábbi Jugoszláviából. Direkt fajtacicserélés és a génáramlás figyelhető meg az őshonos és betelepített fajták között. Maul és Hahnle (1994) szerint Európa egyes részein az őshonos méheket már kihaltnak tekintik. Németországban például erőteljes kicserélés kezdődött, az *Apis mellifera mellifera* fajtát *Apis mellifera carnica* fajtára váltották. Jensen és mtsai (2005) szerint a Skandináv országokban és a Brit-szigeteken a legtöbb profi és hobbi méhész ma *Apis mellifera ligustica*-t, *Apis mellifera carnica*-t vagy egy mesterségesen létrehozott vonalat, a Buckfast méhet tartja. Az *Apis mellifera mellifera* természetes elterjedési területe jelentősen lecsökkent az utóbbi években.

Magyarországon az *Apis mellifera carnica* honos, jelenleg egyedüliként elismert és tenyészthető méhfajtánk. Azt feltételezzük, hogy az országban számos idegen fajta illetve hibrid is megjelenik. Hipotézisünk bizonyítására a Debreceni Egyetem Állatgenetikai Laboratóriumában mikroszatellit és mtDNS vizsgálatokat tervezünk.

MIKROSZATELLIT MARKEREK AZONOSÍTÁSA ÉS IZOLÁLÁSA

A mikroszatellit a genomon elszórtan elhelyezkedő néhány bázispár ismétlődéséből álló 50–300 bázispár (bp) hosszúságú szekvencia részletek. Ezen ismétlődések típusa különböző, azonosíthatóságukat az őket határoló, genomon csak egy-egy helyen előforduló szekvenciák, primer kapcsolódási helyek teszik lehetővé (Fésüs és mtsai, 2000).

A legtöbb fajban az izolált markerek száma meglehetősen kevés. Nagyszámú markert állapítottak meg viszont néhány gerinces fajban, úgymint az emberben, egérben és patkányban. A haszonállatokban és halakban a meghatározott markerek száma korlátozott (Katti és mtsai, 2001).

A mikroszatellit markerek izolálásának vázlatszerű lépései a következők. Egy egyed genomiális DNS-ét izolálják. A DNS oldathoz (méhek esetében: Sau3A) restriktációs enzimet adnak, ami a DNS-t (méhek esetében: 200–600 bp) szegmensekre hasítja. A szegmensek DEAE (diethylaminoethy) papíron jól elkülönülten látszanak (Salignac és mtsai, 2003) és mágneses izoláción alapuló dúsítással különítik el az ismétlődést tartalmazó fragmenteket. A mikroszatellit könyvtárat egy, az ismétlődő szekvenciára specifikus PCR-en alapuló módszerrel szűrik. A kiszűrt

klónból szekvencia meghatározás alapján megállapítják, hogy mennyi tartalmazott mikroszatellit ismétlődést, majd ismét szűrik a primertervezésre alkalmas markereket. Megállapítják az egyedi, egymással nem azonos szekvenciájú mikroszatelliteket és génbanki adatokkal vetik össze. Végül elvégzik az újonnan izolált mikroszatellit polimorfizmus vizsgálatát és meghatározzák a markerek térkép-pozícióját (*Bakos és mtsai, 2008*).

A mézelő méh mikroszatellit markerekkel történő vizsgálatát nagyban elősegítette a teljes genom szekvenciát ismertető tanulmány, mely az *Apis* nemzetség afrikai eredetére is rávilágít (*The Honeybee Genome Sequencing Consortium, 2006*).

Szociális rovarok populáció struktúrájának és rokoni kapcsolatainak vizsgálatahoz elsőként *Davis és mtsai (1990)* alkalmazott DNS markereket. Szintén restrikciós hely vizsgálatokat alkalmazott a törpe méh (*Apis florea*) genetikai polietizmusának (egy fajban több genotípus is megtalálható) bizonyítására *Oldroyd és mtsai (1994)*. A házi méhben tudományos és ökonómiai fontossága miatt számos mikroszatellitet mutattak ki (*Estoup és mtsai, 1993*), melyek kiváló eszközei a genetikai diverzitás megállapításának (*Estoup és mtsai, 1994*) és a géntérképezésnek. Mikroszatellitek használatával az egyedek könnyen, pontosan azonosíthatóak és új lehetőségeket biztosítanak a házi méhek kutatása területén (*Estoup és mtsai, 1995a*). A fent említett módszerekkel házi méhcsaládok apasági analízise is elvégezhető (*Fondrk és mtsai, 1993*).

A házi méh genomban a (CT)*n* mikroszatellit 52 helyen, míg a (GT)*n* 23 helyen fordul elő. Ezzel szemben a poszméh genomban a (CT)*n* 24, míg a (GT)*n* 2 helyen található. A CT és a GT kéttípusú dinukleotid, ahol a szekvencia ismétlődésének száma (*n*). Átlagosan a (CT)*n* és a (GT)*n* mikroszatellitek 15 és 34 kilobázisonként jelennek meg a házi méhben valamint 40 és 500 kilobázisonként a poszméhben. *Weber (1990)* szerint a (CT)*n* és (GT)*n* mikroszatellitek három csoportba sorolhatók: teljes (a szekvenciában nincs szakadás), hiányos (egy vagy több szakadás van az ismétlődések lefutásában) és összetett. A poszméhben a (CT)*n* mikroszatellitek többsége hiányos, míg a házi méhben a (CT)*n* és (GT)*n* mikroszatellitek teljeseek. Bizonyították, hogy nagyszámú intrapopulációs polimorfizmus fedezhető fel egyetlen házi méh mikroszatellit tesztelésével (*Estoup és mtsai, 1993*).

Hasonló mikroszatellit elektromorfok (azonos méretű PCR termékek) keletkezésnek független mutációs eseményekből, így az allélok származása nem meghatározható. Ez a jelenség a homoplázia (függetlenül kialakult hasonló jelleg(ek)kel rendelkező csoportok), melyet két mikroszatellit marker elektromorf szekvenciája segítségével vizsgáltak. Ezek alapvető ismétlődéseit hasítják különböző rövid (1-2 bp) DNS motívumokra. Ezen hasítások száma és helye alapján elektromorfok alakultak ki a szoros és távoli rokonságban lévő házi méh és poszméh populációkból. A szekvenciában nem találtak különbséget, ha az elektromorfok ugyanazon alfajokból vagy közeli rokon alfajokból származtak. Ugyanakkor gyakran alapítottak meg különbségeket a szekvenciákban távoli rokon alfajok esetén. Gyakran számos homoplázia jelenik meg a populáció különbség e szintjén. Bebizonyították, hogy a hasított mikroszatellitek a legalkalmasabbak a populációk közötti különbségek és viszonylag távoli rokoni kapcsolatban lévő populációk közötti evolúciós kapcsolatok kimutatására (*Estoup és mtsai, 1995b*).

A technikailag bonyolult molekuláris biológiai eljárások tették szükségessé a mikroszatellit markerek fejlődését (Glenn, 1995). További kutatások során hét mikroszatellit markert sikerült kimutatni Ausztráliából gyűjtött minták segítségével. A mikroszatellitek közül öt (GA) ismétlődés (három teljes, kettő hiányos és egy összetett ismétlődés), és a megtalált másik kettő (GA)_n-t tartalmazó ismétlődés. A tanulmányban megadják e markerek szekvenciáit és a szükséges PCR kondíciókat (Rowe és mtsai, 1997).

Solignac és mtsai (2003) 552 mikroszatellit szekvenciáját határozták meg a primerek szekvenciáival együtt a házi méh genomban. A mikroszatelliteket számos könyvtárból készítették. Egyrészt a teljes genomiális DNS frakcióiból, másrészt a mesterséges bakteriális kromoszóma klónok könyvtárából. A házi méhből izolált markerek mindegyike polimorf. Közülük számos sikeresen amplifikálódott három másik *Apis* fajban is (*A. cerana* – 58%, *A. dorsata* – 59%, *A. florea* – 38%).

Solignac és mtsai (2004) elkészítették a házi méh mikroszatellit térképét. A vizsgálatban 556 markert határoztak meg. Az információk a továbbiakban kiválóan alkalmazhatóak lesznek az *Apis* genom vizsgálatánál. A térképen szereplő markerek közül 153-at sikeresen amplifikáltak három *Apis* fajban (*Apis cerana*, *Apis dorsata* és *Apis florea*). Három év múlva a már meg lévő térképet tovább fejlesztették egy harmadik-generációs mikroszatellit térképpé, melyet összehasonlítottak a házi méh géntérképével (Solignac és mtsai, 2007).

MIKROSZATELLIT MARKEREKKEL VÉGZETT VIZSGÁLATOK EURÓPÁBAN

Az európai házi méh alfajok természetes eloszlására szignifikánsan hatott az emberi tevékenység az elmúlt században. A nem őshonos házi méh alfajokat szaporították, így az őshonos fekete méh (*Apis mellifera mellifera*) populációi elvesztették fajtatisztaságukat a génáramlás vagy kihalás által (Jensen és mtsai, 2005).

Estoup és mtsai (1995a) folytatták a házi méhek mikroszatellit vizsgálatát. A mintákat kilenc populációból vették. Hármat Afrikából (*A. mellifera intermissa*, *A. m. scutellata*, *A. m. capensis*), és négyet Európából (*A. m. mellifera*, *A. m. ligustica*, *A. m. carnica* és *A. m. cecropia*). A vizsgálat során hét mikroszatellit markert (A7, A28, A113, B124, A43, A24, A88) alkalmaztak, melyek segítségével jelentős genetikai variációt mutattak ki. Az átlagos heterozigotitás és az átlagos allélszám az afrikai populációk esetében szignifikánsan magasabb, mint az európai fajták esetében. A mikroszatellit analízis megerősítette, hogy az *Apis mellifera* fajon belül három különböző származási vonal alakult ki, amit a korábbi morfológiai és mtDNA vizsgálatok megállapítottak.

A családok közötti rokoni kapcsolatok kutatására jó példa egy Németországban végzett tanulmány. Az anya nászrepülésekor 142 here mintát gyűjtöttek be és 20 mikroszatellit marker segítségével vizsgálták a herék közötti rokoni kapcsolatot. Eredményeik alapján egy esetben négy testvér rokonságát állapították meg, hat esetben három testvér rokonságát, húsz esetben pedig kettőt. Nyolcvan egyed nem állt rokonságban egymással. Összességében megállapították, hogy herék gyülekezete 240 különböző családból származott. Ebből a meglepően magas számból következik, hogy az anya és a vele pározó herék beltenyésztési koefficiense minimális. Az anya és herék közötti rokoni kapcsolat igen alacsony volta

maximalizálja a genetikai diverzitást a különböző származású családok között (Baudry és mtsai, 1998).

A nyugat-európai házi méh (*Apis mellifera mellifera* és *A. m. iberica*) 15 populációjának genetikai variabilitását 11 mikroszatellit marker (A43, B124, A88, A113, A28, A24, A7, A8, Ap33, Ap36 és Ap43) segítségével határozták meg. E két fajta genetikai változatossága jellemzően alacsonyabb, mint a legtöbb tanulmányozott fajtának, és a tesztek nagy része növekvő populációméretet jelez. A genetikai profil inkább a dél-spanyolországi populációkkal homológ. A francia populációban többé-kevésbé az introgresszió jelensége figyelhető meg (egy adott faj génkészletének egy része hibridizálás révén természetes körülmények között is átkerülhet egy másik fajba). A gének az É-mediterrán származási vonalból kerültek a populációba, mivel leginkább erről a területről importáltak méhanyákat. Az introgresszió mértéke a fő forrása a populációk közötti genetikai távolságnak (Garnery és mtsai, 1998).

A Spanyol-szigetvilág 22 régiójából származó méhcsalád genetikai struktúráját és varianciáját nyolc polimorf mikroszatellit markerrel állapították meg. A korábbi vizsgálatok eredményei alapján a családok az afrikai és a nyugat-európai származási vonalhoz tartoznak. A szigetek állományai között a genetikai variabilitás alacsony és a heterozigotizáció hiánya is jelen van, ami jelzi az alpopulációk genetikai struktúráját. A genetikai különbségeket megállapító teszt szerint a Spanyol-szigetvilág populációi két csoportra oszthatók (Malorka és Menorka valamint Ibiza és Formentera). A filogenetikai analízis igazolta, hogy a szigetvilág méhei valóban a mediterrán régióból származnak. A Formenterából, Ibizából és Menorkából származó minták mikroszatellit (B124, A113, A7, A35, A24, A28, A88 és a8) adatai azt mutatták, hogy az ősi populációt az anyák importja fenyegeti és védelmük indokolt (De La Rúa és mtsai, 2003).

Nyolc ÉNy-európai populációban vizsgálták a helyi méh megmaradt génállományát. A 11 mikroszatellit marker ebben az esetben is kiváló eszköznek bizonyult. Az adatok bizonyossága szerint az *Apis mellifera mellifera* alfaj még jelen van Norvégiában, Svédországban, Hollandiában, Németországban, Angliában, Skóciában és Írországon, bár a génáramlás jelentősen fenyegeti a populációkat (Jensen és mtsai, 2005).

Az *Apis mellifera ligustica* genetikai variabilitását nyolc polimorf mikroszatellit marker (A113, A28, A(B)24, A14, A107, A88, Ap43 és A7) segítségével vizsgálták Olaszországban. A tanulmányban *Apis mellifera mellifera*, *Apis mellifera carnica* és Buckfast mintákat hasonlítottak össze. Eredményeik alapján nagyszámú allélt és heterozigotizációt detektáltak. Bebizonyították, hogy az intenzív méhészeti gyakorlat – úgymint vándorlásos méhészkedés és más fajtájú anyák behozatala – miatt az introgresszió intenzív és mindegyik őshonos *Apis mellifera ligustica* fajtában megtalálhatók az idegen allélok. Végül javaslatot tettek a helyi biodiverzitás védelmére és a tenyésztési programok kontrolljára az őshonos fajta védelmében (Dall'Olio és mtsai, 2007).

Miguel és mtsai (2007) populációgenetikai vizsgálatainak központjába az „M” evolúciós származási vonalból két fajtát választottak, az *Apis mellifera mellifera*-t és az *A. m. iberiensis*-t. Az Ibériai-félszigetről, Franciaországból és Belgiumból 27 méhpopulációból vettek mintákat. A mikroszatellit adatok meggyőző bizonyítékot szolgáltatnak, hogy a Pireneusok természetes akadálya korlátozza a természetes génáramlást. Az „M” származási vonalon belül izolációs távolság kialakítását

javasolják. Az Ibériai-félsziget glaciális refúgium terület volt a méhek számára Nyugat-Európában. Az interglaciális visszanépesedésre két út meglétét bizonyították. A nyugati út szignifikánsabb a visszanépesedési folyamat lezajlásához. Bemutattak három fő faktort a két fajta különbözőségére: a Pireneusok természetes akadály, az izolációs távolság és az interglaciális visszanépesedési folyamat.

Észak- és Közép-Olaszországban két éves periódus alatt vizsgálták az *Apis mellifera ligustica* fajta sperma felhasználását természetesen pározott anyák esetében. Hat anya utódait mikroszatellitok segítségével különítették el két egymást követő peterakási időszak alatt. Az A76 marker egyedülként volt megfelelő, hogy az anyák utódainak genotípusát megkülönböztessék. Az allélgyakoriság közötti különbség hiánya, valamint az allélgyakoriság hasonló megoszlása bizonyítja, hogy a családok genetikai struktúrájának időleges védelemre van szüksége (Previtali és mtsai, 2008).

Magyarországon mézelő méh diverzitás vizsgálatot RAPD-PCR eljárással végeztek az ÁTK Baromfitenyésztési és Genetikai kutatócsoportjában. 6 különböző anyanevelő méhészet 19 méhcsaládjából vettek mintát. Megállapították, hogy a hazai anyanevelő telepek általuk vizsgált szegmense nagyfokú diverzitást mutat (Révai és mtsai, 2009).

MIKROSZATELLIT MARKEREKKEL VÉGZETT VIZSGÁLATOK AZ AMERIKAI KONTINENSEN

Az afrikanizálódott méh vagy „gyilkos” méh kifejezést többször hallható. Az afrikanizálódott méh alapító populációja egy afrikai alfajtól származik (*Apis mellifera scutellata*), melyet Dél-Afrikából hoztak Brazíliába 1956-ban. A már korábban behozott európai populációval való keresztezés célja az volt, hogy olyan hibridet hozzanak létre, mely jobban adaptálódik a trópusi körülményekhez és jobb a méztermelési eredménye (Kerr, 1967). Egy sajnálatos baleset miatt kiszabadult méhcsalád elterjedt a természetes környezetben (Spivak és mtsai, 1991) és folyamatosan szaporodva terjeszkedett dél és Közép-Amerikában. Tizenegy évig folyamatosan megfigyelték az Egyesült Államok déli részének vad méhpopulációit különös tekintettel az afrikanizálódásra. Az összesen 428 méhmintán elvégzett vizsgálatok mikroszatellit (A14, A7, A88, A107, A113, A35, A28, A79, A43, A8, IM, ED1) adatai kimutatták, hogy az afrikanizálódás folyamata maga után vonta az anyai és az apai kétirányú génáramlást az európai és az afrikanizálódott méhpopulációk között. A pánmiktikus (a párosodások random módon következnek be) amerikai populáció kicserélődött pánmiktikus kevert *Apis mellifera scutellata* populációvá. Az amerikai méhek génjei közel öt év alatt afrikanizálódtak és a dél-texasi populációban találták meg a legtöbb hibrid rajt (Pinto és mtsai, 2005).

Brazília déli részén megállapították hét heregyülekező helyen megjelenő herék genetikai struktúráját a fent említett okok miatt. A vizsgálathoz hét mikroszatellit markert alkalmaztak. A heregyülekező helyek közül négy közel volt az afrikanizálódott területekhez, három pedig európai származású méheket tartó hagyományos méhészetekhez. Az eredmények alapján nagy genetikai hasonlóságot detektáltak az elméletileg hagyományos európai származású herék, és afrikanizálódott társaik között (Collet és mtsai, 2009).

MIKROSZATELLIT MARKEREKKEL VÉGZETT VIZSGÁLAT INDIÁBAN

ÉK-Indiában nyolc mikroszatellit marker (A88, A14, A107, A76, Ad3, A24, Tc3-302, B124) felhasználásával vizsgálták az óriás házi méh (*Apis dorsata*) genetikai struktúráját. A faj szezonálisan vándorol a téli és a nyári fészkelő helyek között. A faj kolóniái között van egy erős tendencia, miszerint a fészkelési helyeken csoportosulnak, ahol több mint 150 kolónia is elkülönül. E viselkedés miatt arra következtettek, hogy a csoportosult kolóniák között szorosabb rokoni kapcsolatnak kell lennie, mint a random kolóniák esetén. Viszont a nagy távolságú migráció minimalizálja a genetikai különbséget mind a geográfiai területek, mind a csoportosulások között. Bebizonyították, hogy szignifikáns genetikai különbség van a csoportosulási helyekről gyűjtött minták között (Raar és mtsai, 2004).

MIKROSZATELLIT MARKEREKKEL VÉGZETT VIZSGÁLAT ÁZSIÁBAN

Kínában 21 mikroszatellit marker segítségével vizsgálták a Chang baishan méh (*Apis cerana cerana*) és a Ping hu méhpempőt termelő méh (*Apis mellifera ligustica*) populációinak genetikai diverzitását. Eredményeikkel elméleti alapot kívánnak nyújtani a fajták védelméhez. A genetikai variabilitást populáción belül és populációk között vizsgálták. Az átlagos heterozigotitás minden lokuszra 0.7175 és 0,6755 volt. Ez az érték a nagyfokú genetikai diverzitást és a relatív magas szelekciós potenciált jelzi. Jelentős genetikai különbség van a vizsgált fajták között. Eredményeik alátámasztják, hogy az *Apis cerana cerana* és az *Apis mellifera ligustica* két különböző fajta, így védelmük indokolt (Ting és mtsai, 2008).

MIKROSZATELLIT MARKEREKKEL VÉGZETT VIZSGÁLAT AFRIKÁBAN

Egy Afrikában készült tanulmányban összesen nyolc populációból vettek mintát, melyek Marokkóból, Guineából, Malawiból és dél-Afrikából származtak. Hat mikroszatellit marker segítségével elemezték az egyedeket, és összehasonlították további Európából és a Közel-Keletről származó mintákkal. Eredményeik alapján az afrikai populáció nagyobb genetikai variabilitást hordoz, mint az európai vagy közel-keleti állományok (Franck és mtsai, 2001).

MIKROSZATELLIT MARKEREK EGYÉB FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI

Ritka jelenségek hátterének vizsgálatához is kiváló eszköznek bizonyultak a mikroszatellitok. A dolgozók nőtények, viszont ivarszervük inaktív. Egyes esetekben – mint amikor az anya elpusztul – a dolgozók is rakhatnak megtermékenyítetlen petéket. Ezekből a petékből mindig herefiasítás lesz. A dolgozó által rakott petéket a többi dolgozó megeszi, mivel szorosabb rokoni kapcsolatban vannak az anyától származó herékkel, mint a dolgozó társaiktól származókéktól. Kivételes esetben az a dolgozók által rakott herefiasítást is felnevelik. Ebben az esetben a családot „anarhisztikus” kolóniának nevezzük. 17 polimorf mikroszatellit markerrel

elkülönítették a dolgozók „fiait” és az anya „fiait”. A 214 vizsgált báb közül anya jelenlétében 96 here báb dolgozótól származott, míg a minták 1%-ról nem lehetett megállapítani, hogy dolgozótól vagy anyától származott-e (*Chaline és mtsai*, 2002).

A mintavételi lehetőségek finomításában is szerepet kapnak a mikroszatellitiek. A méhcsaládokban számos dolgozó van, így a mintavétel könnyen elvégezhető, de az anya a család túlélésének záloga. Számos molekuláris genetikai vizsgálathoz az anya génkészletének vizsgálata szükséges. A 46 teljes szárny mintát összehasonlították a 44 csáp és a 35 szárnycsúcs mintával 4 általánosan alkalmazott mikroszatellit marker (A76, A107, A113, B124) felhasználásával. Kimutatták, hogy az anya szárnyvégéből vett minta megfelelő DNS-t biztosít a PCR amplifikáció számára 94,3%-os eredményességgel (*Chaline és mtsai*, 2004).

IRODALOM

- Bakos K. – Veress Gy. – Korom E. – Pinke O. – Kovács B. – Varga L. (2008): 52 új pulyka mikroszatellit izolálása és térképezése. *Animal welfare, etology and housing systems*, 4. 409.
- Baudry, E. – Solignac, M. – Garnery, L. – Gries, M. – Cornuet, J.-M. – Koeniger, N. (1998): Relatedness among honeybee (*Apis mellifera*) of a drone congregation. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 265. 2009–2014.
- Chaline, N. – Ratnieks, F.L.W. – Burke, T. (2002): Anarchy in the UK: Detailed genetic analysis of worker reproduction in a naturally occurring British anarchistic honeybee, *Apis mellifera*, colony using DNA microsatellites. *Mol. Ecol.*, 11. 1795–1803.
- Chaline, N. – Ratnieks, F.L.W. – Raine, N.E. – Badcock, N.S. – Burke, T. (2004): Non-lethal sampling of honey bee, *Apis mellifera*, DNA using wing tips. *Apidologie*, 35. 311–318.
- Collet, T. – Cristino, A.S. – Quiroga, C.F.P. – Soares, A.E.E. – Del Lama, M.A. (2009): Genetic structure of drone congregation areas of Africanized honeybees in southern Brazil. *Genet. Mol. Biol.*, 32.4. 857–863.
- Dall'Olio, R. – Marino, A. – Lodesani, M. – Moritz, R.F.A. (2007): Genetic characterization of Italian honeybees, *Apis mellifera ligustica*, based on microsatellite DNA polymorphisms. *Apidologie*, 38. 207–217.
- Davis, S.K. – Strassmann, J.E. – Hughes, C. – Pletscher, L.S. – Templeton, A.R. (1990): Population structure and kinship in Polister (Hymenoptera, Vespidae): An analysis using ribosomal DNA and protein electrophoresis. *Evolution*, 44. 1242–1253.
- De La Rua, P. – Galián, J. – Serrano, J. – Moritz, R.F.A. (2003): Genetic structure of Balearic honeybee populations based on microsatellite polymorphism. *Genet. Sel. Evol.*, 35. 339–350.
- Estoup, A. – Lionel, G. – Solignac, M. – Cornuet, J.-M. (1995a): Microsatellite variation in honey bee (*Apis mellifera* L.) populations: Hierarchical genetic structure and test of the infinite allele and stepwise mutation models. *Genetics*, 140. 679–695.
- Estoup, A. – Solignac, M. – Cornuet, J.-M. (1994): Precise assessment of the number of matings and of relatedness in honey bee colonies. *Proc. Roy. Soc. London. B. Biol. Sci.*, 258. 1–7.
- Estoup, A. – Solignac, M. – Harry, M. – Cornuet, J.-M. (1993): Characterization of (GT)_n and (CT)_n microsatellites in two insect species: *Apis mellifera* and *Bombus terrestris*. *Nucl. Ac. Res.*, 21. 1427–1431.
- Estoup, A. – Tailliez, C. – Cornuet, J.-M. – Solignac, M. (1995b): Size homoplasy and mutational processes of interrupted microsatellites in two bee species, *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* (Apidae). *Mol. Biol. Evol.*, 12. 1074–1084.
- Fésüs L. – Komlósi I. – Varga L. – Zsolnai A. (2000): Molekuláris genetikai módszerek alkalmazása az állattenyésztésben. Agroiinform Kiadó és Nyomda Kft. Budapest.
- Fondrk, M.K. – Page, R.E. – Hunt, G.J. (1993): Paternity analysis of worker honeybees using randomly amplified polymorphic DNA. *Naturwissenschaften*, 80. 226–231.
- Franck, P. – Garnery, L. – Solignac, M. – Cornuet, J.-M. (2000): Molecular confirmation of a Middle East lineage in *Apis mellifera*. *Apidologie*, 31. 167–180.

- Franck, P. – Garnery, L. – Loiseau, A. – Oldroyd, B.P. – Hepburn, H.R. – Solignac, M. – Cornuet, J.-M. (2001): Genetic diversity of the honeybee in Africa: microsatellite and mitochondrial data. *Heredity*, 86. 420–430.
- Garnery, L. – Franck, P. – Baudry, E. – Vautrin, D. – Cornuet, J.-M. – Solignac, M. (1998): Genetic diversity of the west European honey bee (*Apis mellifera mellifera* and *A. m. iberica*). II. Microsatellite loci. *Genet. Sel. Evol.*, 30. S49–S74.
- Glenn, T.C. (1995): Microsatellite manual, version 6. Available electronically via <http://onxy.si.edu/protocols/msatmanV6.rtf>.
- Jensen, A.B. – Palmer, K.A. – Boomsma, J.J. – Pedersen, B.V. (2005): Varying degrees of *Apis mellifera ligustica* introgression in protected populations of the black honeybee, *Apis mellifera mellifera*, in northwest Europe. *Mol. Ecol.*, 14. 93–106.
- Jensen, A.B. – Pedersen, B.V. (2005): Honeybee conservation: a case story from Laeso Island, Denmark, in Lodesani M., Costa C. (Eds.), *Beekeeping and conserving biodiversity of honeybee. Sustainable bee breeding. Theoretical and practical guide*. Northern Bee Books, Hebden Bridge, 142–164.
- Katti, M.V. – Ranjekar, P.K. – Gupta, V.S. (2001): Differential distribution of simple sequence repeats in eucaryotic genomes. *Mol. Biol. Evol.*, 18. 1161–1167.
- Kerr, W.E. (1967): The history of the introduction of African bees to Brasil. *S. Afr. Bee. J.*, 2. 3–5.
- Maul, V. – Hahnle, A. (1994): Morphometric studies with pure bred stock of *Apis mellifera carnica* Pollmann from Hessen. *Apidologie*, 25. 119–132.
- Miguel, I. – Iriondo, M. – Garnery, L. – Sheppard, W.S. – Estonba, A. (2007): Gene flow within the M evolutionary lineage of *Apis mellifera*: role of the Pyrenees, isolation by distance and post-glacial re-colonization routes in the western Europe. *Apidologie*, 38. 141–155.
- Oldroyd, B.P. – Sylvester, H.A. – Wongsiri, S. – Rinderer, T.E. (1994): Task specialization in a wild bee, *Apis florea* (Hymenoptera: Apidae), revealed by RFLP banding. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 34. 25–30.
- Pinto, A.M. – Rubic, W.L. – Patton, J.C. – Coulson, R.N. – Johnston, J.S. (2005): Africanization in the United States. *Genetics*, 170. 1653–1665.
- Previtali, C. – Bongioni, G. – Costa, C. – Lodesani, M. – Galli, A. (2008): Observation by microsatellite DNA analysis of sperm usage in naturally mated honeybee queens (*Apis mellifera ligustica*) over a period of two years. *Ital. J. Anim. Sci.*, 7. 465–478.
- Raar, J. – Oldroyd, B. P. – Huettinger, E. – Kastberger, G. (2004): Genetic structure of an *Apis dorsata* population: The significance of migration and colony aggregation. *Journal of Heredity*, 95. 119–126.
- Révai T. – Török É. – Bodzsár N. – Zajác E. – Békési L. – Szalai-Mátrai E. – Hidas A. (2009): Genetic diversity of Hungarian honeybee colonies based on morphological and RAPD markers. CO-LOSS Work shop new molecular tools. Bern, Switzerland, 12–21 May, 24.
- Rowe, D.J. – Rinderer, T.E. – Stelzer, J.A. – Oldroyd, B.P. – Crozier, R.H. (1997): Seven polymorphic microsatellite loci in honeybees (*Apis mellifera*). *Insects Soc.*, 44. 85–93.
- Ruttner, F. – Tassencourt, L. – Louveaux, J. (1978): Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L. *Apidologie*, 9. 363–381.
- Ruttner, F. (1988): *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Solignac, M. – Moguel, F. – Vautrin, D. – Monnerot, M. – Cornuet, J.-M. (2007): A third-generation microsatellite-based linkage map of the honey bee, *Apis mellifera*, and its comparison with the sequence-based physical map. *Genome Biol.*, 8(4). R66.
- Solignac, M. – Vautrin, D. – Baudry, E. – Moguel, F. – Loiseau, A. – Cornuet, J.-M. (2004): A microsatellite-based linkage map of the honeybee, *Apis mellifera* L. *Genetics*, 167. 253–262.
- Solignac, M. – Vautrin, D. – Loiseau, A. – Moguel, F. – Baudry, E. – Estoup, A. – Garnery, L. – Haberl, M. – Cornuet, J.-M. (2003): Five hundred and fifty microsatellite markers for the study of the honeybee (*Apis mellifera* L.) genome. *Mol. Ecol. Notes*, 3. 307–311.
- Spivak, M.D. – Fletcher, J.C. – Breed, M.D. (1991): *Introduction the „African“ honey bee*. Westview Press. Boulder, CO. 1–9.
- The Honeybee Genome Sequencing Consortium (2006): Insights into social insects from the genome of the honeybee *Apis mellifera*. *Nature*, 443. 931–949.
- Ting, J. – Ling, Y. – Min, L. – Wen-Bin, B. – Guo-Hong, C. (2008): Study on genetic diversity of *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera ligustica* in China with microsatellite markers. *Res. J. Anim. Sci.*, 2(6). 178–182.
- Weber, J.L. (1990): Informativeness of human (dC-dA) (dG-dT) polymorphisms. *Genomics*, 7. 524–530.

Érkezett: 2011. április

Szerzők címe: Zakar E. – Oláh J. – Jávora A. – Kusza Sz.
Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Diószegi Sámuel Agrárinnovációs Intézet

Authors' address: University of Debrecen,
Centre of Agricultural and Applied Economic Sciences
Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management
Institute of Sámuel Diószegi Agricultural Innovation
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.
kusza@agr.unideb.hu

A SZARVASMARHA DGAT1 GÉN K232A POLIMORFIZMUS HATÁSA HOLSTEIN-FRÍZ ÉS JERSEY TEHENEK TEJTERMELÉSI TULAJDONSÁGAIRA

FARKAS VALÉRIA – KOVÁCS KATALIN – HOLLÓ GABRIELLA – ZSOLNAI ATTILA –
SZABÓ FERENC – ANTON ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők 417 holstein-fríz és 341 jersey tejelő tehén DGAT1 polimorfizmus vizsgálatát végezték el. A vér- és szőrminták tipizálásához Rotor Gene RG 3000 típusú Real-Time PCR készüléket használtak. A kísérlet során a szarvasmarha DGAT1 gén két változatát (AA, GC) azonosították. A genotípusok, valamint holstein-fríz fajta esetében három, míg a jersey fajta esetében kétlaktációs tejtermelési tulajdonságok közötti összefüggés feltárására többtényezős varianciaanalízist végeztek (SPSS 14.0). Holstein-fríz fajta esetében az AA allél (lizin variáns) gyakorisága 0,22; a GC allél pedig 0,78; míg a jersey fajtánál 0,81 (AA) és 0,19 (GC) volt. Holstein-fríz fajta esetében a három genotípus megoszlása 4,32% (AA/AA); 35,49% (AA/GC); 60,19% (GC/GC) volt, a jersey fajtánál a következőképpen alakult: 68,33% (AA/AA); 25,22% (AA/GC); 6,45% (GC/GC). A statisztikai elemzés a holstein-fríz fajta esetében 305 napos tejtermelési adatok (tejhozam (kg), tejszír %, a tejfehérje %, tejfehérje kg), a legnagyobb napi tej (kg) és az átlag napi tejmennyiség (kg), valamint a DGAT1 genotípusok között szignifikáns kapcsolatot mutatott. A jersey fajta esetében 305 napos tejtermelési adatok (tejhozam (kg), tejszír %, tejszír kg, a tejfehérje %, tejfehérje kg) és az átlag napi tejmennyiség (kg), valamint a DGAT1 genotípusok között szintén szignifikáns kapcsolatot mutatott.

SUMMARY

Farkas, V. – Kovács, K. – Holló, G. – Zsolnai, A. – Szabó, F. – Anton, I.: EFFECT OF THE DGAT1 GENE K232A POLYMORPHISM ON MILK PRODUCTION TRAITS IN HUNGARIAN HOLSTEIN-FRIESIAN AND JERSEY COWS

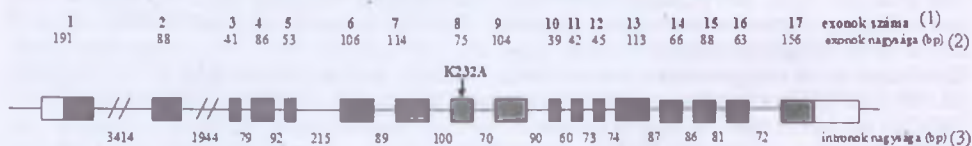
417 Hungarian Holstein-Friesian and 341 Jersey cows were typed for the bovine DGAT1 gene using a TaqMan allelic discrimination method in a Rotor-Gene RG 3000 Real-Time PCR system (Corbett Research). Among the blood and hair samples examined AA and GC versions of the gene were identified. Dataset was analysed with SPSS 14.0 for Windows software. Multivariate analysis of variance (general linear model, GLM) were used to evaluate the relationship between genotypes and milk production traits. Milk production data were recorded in the Hungarian Holstein-Friesian in three and in the Jersey cows two consecutive lactations. Allele frequencies for AA and GC alleles were 0.22 and 0.78 for Hungarian Holstein-Friesian breed and 0.81 and 0.19 for Jersey breed, respectively. Distribution of the three genotypes (AA/AA, AA/GC, GC/GC) were 4.32% (AA/AA); 35.49% (AA/GC); 60.19% (GC/GC) for Hungarian Holstein-Friesian cows and 68.33% (AA/AA); 25.22% (AA/GC); 6.45% (GC/GC) for Jersey cows. In case of Hungarian Holstein-Friesian breed, statistical analyses proved significant relationship between DGAT1 genotypes and 305-day milk production traits (milk yield, milk fat percent, milk protein percent, milk protein yield), as well as maximum and average monthly milk yield. For Jersey breed, the used statistical methods confirmed significant relationship between DGAT1 genotypes and 305-day milk production traits (milk yield, milk fat percent, milk fat yield, milk protein percent, milk protein yield), and average monthly milk yield.

BEVEZETÉS

A gazdasági állatfajok közül a szarvasmarha-tenyésztés hazánkban és világviszonylatban is igen nagy jelentőségű ágazata a mezőgazdaságnak. Magyarországon a szarvasmarhák száma több évtizedes mérséklődést követően a 2000-es évek végén stabilizálódott, 2010-ben azonban tovább csökkent. (KSH, 2010). A szarvasmarha-tenyésztés az elsősorban emberi táplálékként hasznosított tej- és hústermelés mellett fontos ipari nyersanyagokat is előállít. A legújabb kutatási eredményeket összegezve egyértelműen megállapítható, hogy az összes élelmiszer közül a tej és a belőle készített termékek a leggazdagabbak a bioaktív anyagokban. Ez a megállapítás a tej valamennyi makro- és mikro alkotórész-csoportjára vonatkozik, közte a sokat támadott tejszírra is.

Napjainkban a gazdasági állatok tenyésztési programjában jól alkalmazhatók a különböző genetikai markerek, melyek segítségével, fontos kvantitatív (termelési) tulajdonságokat (tejhozam, tejszír- és fehérje mennyiség, hústermelés) kódoló (poli)gének (QTL=Quantitative Trait Loci) azonosíthatók. A szarvasmarha QTL adatbázisa (Cattle QTL Database) szerint jelenleg, 378 különféle mennyiségi tulajdonsághoz kapcsolt 5207 QTL-t sikerült azonosítani. Ezek közül a legtöbbet, 1485 QTL-t a tejtermeléssel kapcsolatos értékmérő tulajdonságok esetében írtak le. Ha pedig a kromoszómákon való eloszlásukat vesszük figyelembe a legtöbb QTL-t ez idáig a 6-os (441-et) és a 14-es (469-at) kromoszómákon detektálták (www.animalgenome.org). Mára a kutatások fő célja lett a QTL-ek mögött rejlő mutációkat hordozó gének azonosítása. Így került a diacilglicerol-O-acyltransferáz (DGAT1) a tejösszetétel irányított megváltoztatását célzó vizsgálatok középpontjába (GenBank Accession No. AJ318490). Hasonló, tejtermelésre ható tejfehérje genotípusokról számolt be Baranyi és mtsai (1992), Vági és mtsai (2000) akik α_{S1} -, β - és κ -kazein, valamint β -laktoglobulin genotípusokat vizsgáltak hazai szarvasmarha állományokban. Utóbbi közleményben a szerzők eredményei szerint a vizsgált tejfehérje genotípusok közül a κ -kazein és a β -laktoglobulin tejtermelésre és szaporaságra gyakorolt hatása jelentősebb, mint a α_{S1} - és a β -kazein hatása. Kovács és mtsai (2002) a szarvasmarha szomatotropin (növekedési hormon) gén Alul polimorfizmusának hatását vizsgálták hazai holstein-fríz bikanevelő tehének termelési tulajdonságaira. A növekedési hormon ugyanis kulcsszerepet játszik a táplálóanyag hasznosításban, a tőgy növekedésében és fejlődésében.

1. ábra A szarvasmarha DGAT1 exon, intron struktúrája



Forrás: Winter és mtsai, 2002

A fehér négyzetek a nem kódoló szakaszt, a szürke négyzetek pedig a kódoló szakaszokat jelölik. A vízszintes vonalak reprezentálják az intronokat. A nyíl a 8-as exonon lévő K232A polimorfizmus helyét jelöli

Figure 1. Exon – intron structure of bovine DGAT1 (Winter et al, 2002)

Boxes represent exons; white boxes are untranslated regions and gray, numbered boxes are coding regions. The horizontal lines represent the introns. The arrow indicate K232A polymorphism in exon 8 position number of exons (1); size of exons (bp) (2); size of ontrons (bp) (3)

A DGAT1 egy mikroszómális enzim, amely a triglicerid szintézis utolsó lépését katalizálja (Cases és mtsai, 1998). Grisart és mtsai (2002) a szarvasmarha 14. kromoszómájának térképezésekor, 3cM pontossággal azonosították az elsősorban a tej zsírtartalmára ható DGAT1 gént a kromoszóma centromér régiójában. A szarvasmarha DGAT1 gén szekvenálása teljes mértékben megtörtént (több faj esetében is), beleértve 3500bp-nyi upstream és 1900 bp-nyi downstream szekvencia szakaszt. A kódoló szekvencia mind a szarvasmarha mind az ember esetében 1470 bp méretű, mely 17 exonból és azokat elválasztó 16 intronból áll. A DGAT1 gén exon intron struktúráját szemlélteti az 1. ábra.

1. táblázat

A DGAT1 polimorfizmus megoszlása a különböző holstein-fríz és jersey populációkban

	Fajta (1)	N (2)	Ivar (3)	Allél gyakoriság (4)		Hivatkozás (5)
				AA	GC	
holstein-fríz	Német (6)	1291	♂	0,549	0,451	Kaupe és mtsai (2007)
		200	♂	0,37	0,63	
		66	♂	0,40	0,60	Citek és mtsai (2007)
		79	n.a.	0,42	0,58	Kaupe és mtsai (2004)
		858	♂	0,548	0,452	Thaller és mtsai (2003)
		40	♂	0,35	0,65	Winter és mtsai (2002)
	Holland (7)	1818	♂	0,63	0,37	Grisart és mtsai (2002)
		1762	♀	0,40	0,60	Schennink és mtsai (2007)
		1745	♀	0,40	0,60	Demeter és mtsai (2009)
	Új-zélandi (8)	1527	♂	0,60	0,40	Spelman és mtsai (2002)
		529	♀	0,30	0,60	Grisart és mtsai (2002)
	Francia (9)	2083	♂+♀	0,369	0,631	Gautier és mtsai (2007)
	Brit (10)	49	n.a.	0,03	0,97	Kaupe és mtsai (2004)
	Ír (11)	848	♂	0,32	0,68	Berry és mtsai (2010)
	Lengyel (12)	244	♂	0,65	0,35	Pareek és mtsai (2005)
		213	♀	0,48	0,52	
		177	♀	0,40	0,60	Strzalkowska és mtsai (2005)
		89	♂	0,54	0,46	Nowacka-Woszek és mtsai (2008)
	Svéd (13)	96	♀	0,14	0,86	Näslud és mtsai (2008)
	Olasz (14)	116	♂+♀	0,254	0,746	Scotti és mtsai (2010)
	Indiai (15)	281	♂	0,59	0,41	Patel és mtsai (2009)
	Brazil (16)	50	♂	0,27	0,73	Lacorte és mtsai (2006)
jersey	Európai jersey (17)	10	n.a.	0,65	0,35	Ripoli és mtsai (2006)
	Brit (18)	47	n.a.	0,69	0,31	Kaupe és mtsai (2004)
	Lengyel (19)	100	♀	0,83	0,17	Komisarek és mtsai (2004)
	Német (20)	7	♂	0,71	0,29	Winter és mtsai (2002)
	Új-zélandi (21)	1053	♂	0,88	0,12	Spelman és mtsai (2002)

Table 1: Distribution of DGAT1 polymorphism in different cattle breeds

variety (1); ♂ – males; ♀ – females (2); number of animals (3); allele AA, GC(4); reference (5); German (6); Dutch (7); New Zealand (8); French (9); British (10); Irish (11); Polish (12); Swedish (13); Italian (14); Indian (15) Holstein Frisian; Brazilian (16); European Jersey (17); British (18); Polish (19); German (20); New Zealand (21); Jersey cattle breeds.

Az ábrán látható 8-as exon területén lévő, 10433 és 10434 pozíciójú AA/GC dinukleotid szubsztitúcióból ered (lizin/alanin (K232A) aminósav szubsztitúció) a DGAT1 gén tejtermelésre kifejtett hatása, amelyet már több szerző is bizonyított és szignifikáns különbségeket állapítottak meg a tejzsír, a tejfehérje és a tejmenyiség vonatkozásában (*Grisart és mtsai*, 2002; *Winter és mtsai*, 2002). *Winter és mtsai* (2002) leírták, hogy az alanin variánsok esetében a 232-es pozícióban lévő alanin nagy valószínűséggel negatív hatással van a DGAT zsírsav-CoA megkötő képességére. Tehát ezzel magyarázható, hogy az alanin variáns (GC/GC) egyedek alacsonyabb zsírtartalmú tejet termelnek. A lizin variánsok a hatékonyabb zsír szintézist képviselhetik, hiszen a tanulmány szerint a lizin variánsoknál következetesen magasabb volt a tej zsírtartalma, mint az alanin variánsok esetében.

Napjainkra az SNP kutatások (köztük a DGAT1) új lehetőséget kínálnak a genomvizsgálatokon alapuló tenyészállat kiválasztásban, azaz a genomselekción. Ami azért is fontos, mert a genom alapú tenyészérték felhasználásával nagyobb mértékű genetikai előrehaladás érhető el. A hatékony és gyors genotipizáló eszközök megjelenésével lehetővé vált egy genomban akár több tízezer SNP (single nucleotide polymorphism – egyponstos nukleotid-polimorfizmus) azonosítása.

Számos publikáció számolt be a DGAT1 gén tejtermelésre kifejtett hatásáról a különféle szarvasmarha fajtákban. A következő táblázat (1. táblázat) a DGAT1 allélgyakoriságokat szemlélteti a különböző országokból származó holstein-fríz és jersey szarvasmarha fajták esetében.

A jelen vizsgálat célja a holstein-fríz és jersey szarvasmarha fajták egy-egy populációjában a DGAT1 polimorfizmus, valamint a genotípus és a tejtermelés összefüggésének vizsgálata.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálathoz 2 telepen 417, legalább három laktációt zárt holstein-fríz tejelő tehéntől vettünk vérmintát, valamint 341 szőrmintát legalább két laktációt zárt jersey tejelő tehéntől. A vérmintákat NaEDTA-s vérvételi csövekben -20°C-on tároltuk a DNS kinyeréséig. A DNS izolálása a *Zsolnai és mtsai* (2003) által ismertetett módszer szerint történt. A genomiális DNS izolálása szőrhagymából FAO/IAEA (2004) (FAO/IEAE Inter-regional Training course on Molecular Methods in Livestock Genetics and Breeding) ajánlása szerint történt.

A vér- és szőrminták tipizálásához Rotor Gene RG 3000 típusú Real-Time PCR készüléket (Corbett Research) és TaqMan alléldiszkriminációs módszert használtunk. A használt primerek és jelzett próbák, valamint az amplifikáció paraméterei megfeleltek a *Schennink és mtsai*. (2007) által publikáltaknak. A tehének tejtermelési adatait az első és a második, ill. harmadik laktáció során az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. által havonta végzett befejeések adatai alapján értékeltük. A vizsgált polimorfizmus feltételezett hatásainak elemzéséhez az állatok 305 napos laktációs adatait (tejhozam (kg), tejzsír (kg, %), tejfehérje (kg, %)), valamint a legnagyobb napi tejhozamát (kg) és a befejeések átlag tejhozamát (kg) használtuk. A statisztikai analízist SPSS 14.0 Windows szoftver segítségével végeztük. A vizsgált lokusz (DGAT1), valamint a termelési adatok közötti feltételezett kapcsolat felderítésére többtényezős varianciaanalízis, Általános Lineáris Modell

(GLM) és a legkisebb négyzetes különbségek (Fisher-féle LSD) (LSD: least square differences) módszerét, illetve nem homogén varianciák esetében Tamhane-féle tesztet alkalmaztuk. A populációt genetikai egyensúlyának vizsgálatához az elméletileg várt genotípus-gyakoriságokat a tapasztalt genotípus-gyakoriságok felhasználásával a Hardy-Weinberg szabály alapján határoztuk meg.

Az értékelés során a tehenek DGAT1 genotípusát, születési évét és laktáció sorszámát, fix hatásnak tekintettük, a genotípus hatásának elemzéséhez az utóbbiakra – azok zavaró hatásának kiszűrése érdekében – korrekciót alkalmaztunk. A faktorok hatásainak mértékét a leggyakrabban használt többváltozós varianciaanalízis módszerével (U-próba, más néven Wilks' Lambda módszer) számítottam ki. A Wilks-féle lambda egy olyan tesztstatisztika, melyet a többváltozós varianciaanalízis esetében használnak annak vizsgálatára, hogy vannak-e különbségek a csoportosító változó által kialakított csoportok átlagai között.

Az általános lineáris modell matematikai képlete mindkét fajta esetében a következő volt:

$$y_{ijk} = \mu + DGAT1_i + \text{laktáció száma}_j + \text{születési év}_k + e_{ijk}$$

ahol y a vizsgált tulajdonság fenotípusos megnyilvánulása, μ az általános átlag, $DGAT1_i$ az állat DGAT1 genotípusa (AA/AA, AA/GC, GC/GC), a *laktáció száma* a lezárt laktációk számára utal, valamint az adott állat *születési évén* túl e a maradék hiba.

EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK

Holstein-fríz fajta esetében az AA allél (lizin variáns) gyakorisága 0,22; a GC allél (alanin variáns) pedig 0,78; míg a jersey fajtánál 0,81 (AA) és 0,19 (GC) volt. Holstein-fríz fajta esetében a három genotípus megoszlása 4,32% (AA/AA); 35,49% (AA/GC); 60,19% (GC/GC) volt, a jersey fajtánál a következőképpen alakult: 68,33% (AA/AA); 25,22% (AA/GC); 6,45% (GC/GC) (2. táblázat).

2. táblázat

A vizsgált holstein-fríz és jersey tehenek genotípus és allélgyakorisága

	Genotípus(3)			Allél(4)	
	AA/AA	AA/GC	GC/GC	AA	GC
holstein-fríz (1)	4,32%	35,49%	60,19%	0,22	0,78
jersey (2)	68,33%	25,22%	6,45%	0,81	0,19

Table 2. Genotype distribution and allele frequencies in Holstein Friesian and Jersey cows
Holstein-Friesian (1); Jersey (2); genotype AA/AA, AA/GC, GC/GC (3); allele AA, GC(4)

A Hardy-Weinberg egyensúlyt a χ^2 érték kiszámolásával vizsgáltuk, mely a holstein-fríz fajta esetében a $\chi^2 = 0,327$; a jersey fajta esetében a $\chi^2 = 12,133$ volt. Ez utóbbi magas χ^2 érték az alacsony szignifikancia szinttel párosulva azt jelenti, hogy a populáció (jersey) nincs genetikai egyensúlyban, vagyis, hogy a tejtermelésre irányuló szelekció a DGAT1 géneloszlást is megváltoztatta.

A kísérleteink során tapasztalt allélgyakoriságok a holstein-fríz fajta esetében megfelelnek többek között *Lacorte és mtsai* (2006) eredményeinek, akik 50 brazil holstein-fríz szarvasmarhánál 0,27; valamint *Berry és mtsai* (2010) eredményeinek akik, 848 ír holstein-fríz esetében 0,32 allélgyakoriságot figyelt meg a lizint kódoló allél esetében. Német holstein-fríz fajtában *Winter és mtsai* (2002) vizsgálataik során 0,35; *Kaupe és mtsai* (2007) 0,37 allélgyakoriságot tapasztaltak az AA allél esetében. Számos irodalmi adat áll rendelkezésünkre a holstein-fríz fajta esetében a DGAT1 gén (lizin ill. alanin variáns) allélgyakorisági értékeire vonatkozóan. Az 1. táblázat jól szemlélteti, hogy mennyire széles skálán mozognak az értékek, hiszen az általunk mért allélgyakoriságoknál magasabb értékeket is tapasztaltak már. *Spelman és mtsai* (2002) 1527 új-zélandi holstein-fríz vizsgálatakor 0,60; *Pareek és mtsai* (2005) 244 lengyel holstein-fríz esetében 0,65-ös allélgyakoriságot figyelt meg a lizint kódoló allél esetében.

Jersey fajtában az AA allél (lizin variáns) gyakorisága magasabb értéket mutatott, mint a holstein-fríz fajta esetében. Az általunk leírt AA allélgyakorisági érték megfelel *Komisarek és mtsai* (2004) eredményeinek akik, 100 jersey szarvasmarha vizsgálatakor 0,83 (lizin variáns) míg *Spelman és mtsai* (2002) 1053 új-zélandi jersey szarvasmarha vizsgálata során 0,88 (lizin variáns) allélgyakoriságot tapasztaltak. 47 jersey szarvasmarha vizsgálatakor *Kaupe és mtsai* (2004) 0,69 allélgyakoriságot figyelt meg a lizint kódoló allél esetében.

3. táblázat

A vizsgált tejtermelési paraméter legkisebb négyzetes átlaga és a standard hiba értéke az eltérő DGAT1 genotípus csoportok között holstein-fríz fajtában

	AA/AA	AA/GC	GC/GC
	LSM±SE		
305 napos tejhozam (kg)(1)	8792,74 ± 310,43a	9176,44 ± 141,72a	9803,89 ± 130,35b
305 napos tejszír (%) (2)	4,03 ± 0,07a	3,81 ± 0,03b	3,58 ± 0,03c
305 napos tejszír (kg)(3)	350,99 ± 11,57	348,37 ± 5,28	350,72 ± 4,86
305 napos tejfehérje (%) (4)	3,36 ± 0,03a	3,26 ± 0,01b	3,21 ± 0,01c
305 napos tejfehérje (kg)(5)	293,57 ± 9,03a	297,51 ± 4,12a	313,19 ± 3,79b
Legnagyobb napi befejés (kg)(6)	38,27 ± 1,12a	39,36 ± 0,51a	41,24 ± 0,47b
Átlagos napi befejés (kg)(7)	29,63 ± 1,05a	30,94 ± 0,48a	33,20 ± 0,44b

a, b: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól $p < 0,05$

Table 3. Least square means and standard errors of some milk production parameters in DGAT1 genotype groups in Hungarian Holstein-Friesian cows

(a, b: different characters indicate significant differences between genotypes)

305-day milk yield (1); 305-day milk fat % (2); 305-day milk fat yield (3); 305-day milk protein % (4); 305-day milk protein yield (5); max. amount of daily milk yield (6); mean amount of daily milk yield (7)

A holstein-fríz szarvasmarha fajta esetében a statisztikai elemzés a 305 napos termelési adatok (tejhozam, tejszír %, tejfehérje %, tejfehérje kg), a legnagyobb napi tej- és átlag napi tejmenyiség, valamint a DGAT1 genotípusok között szignifikáns kapcsolatot mutatott (3. táblázat). Az AA/AA genotípusú egyedek esetében szignifikánsan alacsonyabb ($p < 0,05$) 305 napos tejmenyiséget (kg), 305

napos tejfehérje mennyiséget (kg), legnagyobb napi tejmennyiséget (kg), valamint átlagos napi tejmennyiséget (kg) tapasztaltunk, mint a GC/GC genotípusú állatok esetében. Szignifikáns ($p < 0,05$) összefüggést lehetett kimutatni a 305 napos tejszír %, a 305 napos tejfehérje % és a DGAT1 genotípusok között is. Az AA/AA genotípusú tehenek esetében szignifikánsan magasabb ($p < 0,05$) 305 napos tejszír %-ot és 305 napos tejfehérje %-ot tapasztaltunk a másik két genotípust hordozó állatok értékeihez képest. Ezt a megállapítást *Grisart és mtsai* (2002); *Spelman és mtsai* (2002); valamint *Thaller és mtsai* (2003) által elért eredmények is megerősítik, melyek szerint a lizin variánst hordozó egyedek esetében magasabb tejszír arány és mennyiség volt kimutatható, ugyanakkor ez a tejhozam, illetve a tejfehérje mennyiség (kg) csökkenésével párosult. Ezt a negatív korrelációt mindhárom szerző igazolta.

Jersey fajtánál a 305 napos tejtermelési adatok (tejhozam (kg), tejszír %, tejszír kg, a tejfehérje %, tejfehérje kg) és az átlag napi tejmennyiség (kg), valamint a DGAT1 genotípusok között szintén szignifikáns kapcsolat volt kimutatható (4. táblázat).

4. táblázat

A vizsgált tejtermelési paraméter legkisebb négyzetes átlaga és a standard hiba értéke az eltérő DGAT1 genotípus csoportok között jersey fajtában

	AA/AA	AA/GC	GC/GC
	LSM \pm SE		
305 napos tejhozam (kg)(1)	4659,26 \pm 170,19a	4786,26 \pm 180,23a	4389,86 \pm 205,48b
305 napos tejszír (%) (2)	5,43 \pm 0,13a	5,12 \pm 0,13b	5,05 \pm 0,15b
305 napos tejszír (kg)(3)	252,81 \pm 8,79a	242,98 \pm 9,31b	218,86 \pm 10,62c
305 napos tejfehérje (%) (4)	3,91 \pm 0,05a	3,81 \pm 0,05b	3,78 \pm 0,06b
305 napos tejfehérje (kg)(5)	182,97 \pm 6,43a	182,52 \pm 6,81a	165,65 \pm 7,76b
Legnagyobb napi befejés (kg)(6)	20,83 \pm 0,71	21,36 \pm 0,75	20,44 \pm 0,85
Átlagos napi befejés (kg)(7)	15,92 \pm 0,60a	16,35 \pm 0,64b	14,87 \pm 0,73b

a, b: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól $p < 0,05$

Table 3. Least square means and standard errors of some milk production parameters in DGAT1 genotype groups in Jersey cows

(a, b: different characters indicate significant differences between genotypes)

305-day milk yield (1); 305-day milk fat % (2); 305-day milk fat yield (3); 305-day milk protein % (4); 305-day milk protein yield (5); max. amount of daily milk yield (6); mean amount of daily milk yield (7)

Az AA/AA genotípusú egyedek esetében szignifikánsan magasabb ($p < 0,05$) 305 napos tejmennyiséget (kg), 305 napos tejfehérje mennyiséget (kg) tapasztaltunk, mint a GC/GC genotípusú állatok esetében. Az AA/AA genotípusú tehenek esetében szignifikánsan magasabb ($p < 0,05$) 305 napos tejszír %-ot és 305 napos tejfehérje %-ot tapasztaltunk a másik két genotípust hordozó állatok eredményeihez képest. Az AA/AA genotípusú tehenek 305 napos tejszír mennyisége (kg) szignifikánsan magasabb ($p < 0,05$) volt a másik két genotípust hordozó állatok értékeinél, ahol az AA/GC és GC/GC egyedek között is szignifikáns különbséget tapasztaltunk. Az AA/AA genotípusú egyedek esetében szignifikánsan alacsonyabb

nyabb ($p < 0,05$) átlagos napi tejmenynyiséget (kg) tapasztaltunk, mint a AA/GC genotípusú állatok esetében, ugyanakkor szignifikánsan magasabb ($p < 0,05$) értéket mint a GC/GC genotípusú egyedek esetében. *Spelman és mtsai* (2002) eltérő eredményekről számolt be jersey szarvasmarhákkal végzett kísérleteiben, ahol a lizin variánst hordozó egyedek esetében alacsonyabb tej-és tejfehérje mennyiség, valamint magasabb tejszír mennyiséget tapasztalt. *Komisarek és mtsai* (2004) szintén erre az eredményre jutottak, valamint a lizin változatot hordozó egyedek esetében szignifikánsan magasabb tejszír %-ot és tejfehérje %-ot tapasztaltak.

Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy az AA allél a holstein-fríz fajta esetében pozitív hatással van a tejszír mennyiségére és arányára és negatív hatással a 305 napos tejhozamra, valamint a 305 napos tejfehérje mennyiségre. A jersey fajta esetében a lizin variánsnak pozitív hatása van a 305 napos tejhozamra, a tejfehérje hozamra, valamint a tejszír mennyiségére egyaránt.

Az AA alléli tejszír termelésre kifejtett pozitív hatása egyértelműen dokumentált és ezt jelenlegi vizsgálati eredményeink is alátámasztják. Ezen ismeretek birtokában fontos, hogy ne csak a kutatások során, hanem a tenyésztési gyakorlatban is hasznosítsuk a szóban forgó gént, mint markert, a tejelő állományok előszelekciójában.

Vizsgálatainkat az OTKA (78174) ill. a NKFP (4/025/2005) támogatásával végeztük.

IRODALOMJEGYZÉK

- Baranyi M. – Bősze Zs. – Buchberger, J. – Krause, I. (1992): Tejfehérje genetikai polimorfizmus vizsgálata magyar tarka és magyar szürke szarvasmarha fajtákban. Állattenyésztés és Takarmányozás, 41. 427–439.
- Berry, D.P. – Howard, D. – O'Boyle, P. – Waters, S. – Kearney, J.F. – McCabe, M. (2010): Associations between the K232A polymorphism in the diacylglycerol-O-transferase 1 (DGAT1) gene and performance in Irish Holstein-Friesian dairy cattle. Irish J. Agric. Food Res., 49. 1–9.
- Cases, S. – Smith, S.J. – Zheng, Y.W. – Myers, H.M. – Lear, S.R. – Sande, E. – Novak, S. – Collins, C. – Welch, C.B. – Lusi, A.J. (1998): Identification of a gene encoding an acyl CoA:diacylglycerol acyltransferase, a key enzyme in triacylglycerol synthesis. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 95. 13018–13023.
- Citek, J. – Rehout, V. – Hradecka, E. – Vecerek, L. – Panicke, L. (2007): The breeding values of German Holstein sires and the DGAT1 polymorphism. Arch. Anim. Breed. Genet., 15. 136–146.
- Demeter, R. M. – Schopen, G. C. B. – Oude Lansink, A. G. J. M. – Meuwissen, M. P. M. – van Arendonk, J. A. M. (2009): Effects of milk fat composition, DGAT1, and SCD1 on fertility traits in Dutch Holstein cattle. J. Dairy Sci., 92. 5720–5729.
- FAO/IEAE (2004): FAO Handbook of laboratory Exercise. FAO/IEAE Interregional Training course on Molecular Methods in Livestock Genetics and Breeding. Seibersdorf Austria 18.
- Gautier, M. – Capitan, A. – Fritz, S. – Eggen, A. – Boichard, D. – Druet, T. (2007): Characterization of the DGAT1 K232A and variable number of tandem repeat polymorphisms in French dairy cattle. J. Dairy Sci., 90. 2980–2988.
- Grisart, B. – Coppieters, W. – Farnir, F. – Karim, L. – Ford, C. – Berzi, P. – Cambisano, N. – Mni, M. – Reid, S. – Simon, P. – Spelman, R. – Georges, M. – Snell, R. (2002): Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. Genome Res., 12. 222–231.
- IBM Statistics SPSS Inc. 2005; SPSS 14.0 for Windows
- Kaupe, B. – Winter, A. – Fries, R. – Erhardt, G. (2004): DGAT1 polymorphism in Bos indicus and Bos taurus cattle breeds. J. Dairy Res., 7. 182–187.

- Kaupe, B. – Brandt, H. – Prinzenberg, E.M. – Erhardt, G. (2007): Joint analysis of the influence of CYP11B1 and DGAT1 genetic variation on milk production, somatic cell score, conformation, reproduction, and productive lifespan in German Holstein cattle. *J. Anim. Sci.*, 85. 11–21.
- Komisarek, J. – Was'kowicz, K. – Michalak, A. – Dorynek, Z. (2004): Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 22. 307–313.
- Kovács K. – Zsolnai A. – Bölskey K. – Györkös I. – Fésüs L. (2002): A szarvasmarha szomatotropin gén Alul polimorfizmusa és a termelési tulajdonságok közötti összefüggés magyarországi holstein-fríz bikanevelő tehenekben. *Állattenyésztés és takarmányozás*, 51. 1–7.
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH), Mezőgazdaság 2010
- Lacorte, G.A. – Machado, M.A. – Martinez, M.L. – Campos, A.L. – Maciel, R.P. – Verneque, R.S. – Teodoro, R.L. – Peixoto, M.G. – Carvalho, M.R. – Fonseca, C.G. (2006): DGAT1 K232A polymorphism in Brazilian cattle breeds. *Genet. Mol. Res.*, 31. 475–482.
- Näslund, J. – Fikse, W.F. Pielberg, G.R. – Lunde n, A. (2008): Frequency and Effect of the Bovine Acyl-CoA:Diacylglycerol Acyltransferase 1 (DGAT1) K232A Polymorphism in Swedish Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, 91. 2127–2134.
- Nowacka-Woszek, J. – Noskowiak, A. – Strabel, T. – Jankowski, T. – S'wito'nski, M. (2008): An effect of the DGAT1 gene polymorphism on breeding value of Polish Holstein-Friesian sires. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 26. 17–23.
- Pareek, C.S. – Czarnik, U. – Zabołewicz, T. – Pareek, R.S. – Walawski, K. (2005): DGAT1 K232A quantitative trait nucleotide polymorphism in Polish Black-and-White cattle. *J. Appl. Genet.*, 46. 85–87.
- Patel, R.K. – Chauhan, J.B. – Soni, K.J. – Singh, K.M. (2009): Genotype and Allele Frequencies of DGAT 1 Gene in Indian Holstein Bulls. *J.*, 3. 385–388.
- Ripoli, M. V. – Corva, P. – Giovambattista, G. (2006): Analysis of a polymorphism in the DGAT1 gene in 14 cattle breeds through PCR-SSCP methods. *Res. Vet. Sci.*, 80. 287–290.
- Schennink, A. – Stoop, W.M. – Visker, M.H. – Heck, J.M. – Bovenhuis, H. – Van Der Poel, J.J. – Van Valenberg, H.J. – Van Arendonk, J.A. (2007): DGAT1 underlies large genetic variation in milk-fat composition of dairy cows. *Anim. Genet.*, 38. 467–473.
- Scotti, E. – Fontanesi, L. – Schiavini, F. – La Mattina, V. – Bagnato, A. – Russo, V. (2010): DGAT1 p.K232A polymorphism in dairy and dual purpose Italian cattle breeds. *Ital. J. Anim. Sci.*, 9. 79–82.
- Spelman, R.J. – Ford, C.A. – McElhinney, P. – Gregory, G.C. – Snell, R.G. (2002): Characterization of the DGAT1 gene in the New Zealand dairy population. *J. Anim. Sci.*, 85. 3514–3517.
- Strzałkowska, N. – Siadkowska, E. – Sloniewski, K. – Krzyzewski, J. – Zwierzchowski, L. (2005): Effect of the DGAT1 gene polymorphism on milk production traits in Black-and-White (Friesian) cows. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 23. 189–197.
- Thaller, G. – Kühn, C. – Winter, A. – Ewald, G. – Bellmann, O. – Wegner, J. – Zühlke, H. – Fries, R. (2003): DGAT1, a new positional and functional candidate gene for intramuscular fat deposition in cattle. *Anim. Genet.*, 34. 354–357.
- Vági J. – Baranyi M. (2000): A tejfehérje genotípusok kapcsolata a tehenek tejtermelésével és fertilitásával holstein-fríz, magyartarka és keresztezett állományokban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 107–119.
- Winter, A. – Kramer, W. – Werner, F. – Kollers, S. – Kata, S. – Durstewitz, G. – Buitkamp, J. – Womack, J. – Thaller, G. – Fries, R. (2002): Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-Co A: diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative trait locus for milk fat content. *Proc. Natl. Acad. USA*, 99. 9300.
- www.animalgenome.org
- Zsolnai A. – Anton I. – Kühn C. – Fésüs L. (2003): Detection of single-nucleotide polymorphisms coding for three ovine prion protein variants by primer extension assay and capillary electrophoresis. *Electrophoresis*, 24. 634–638.

Érkezett: 2011. július

Szerzők címe: Farkas V. – Szabó F.
Pannon Egyetem GK

Authors' address: University of Pannonia, Georgikon Faculty
H-8360 Keszthely, Deák F. u. 16.

Holló G.
Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Anton I. – Kovács K. – Zsolnai A.
Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
Research Institute for Animal Breeding and Nutrition
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1.

A SZÍVRITMUS-VARIANCIA KUTATÁSA SZARVASMARHÁBAN Irodalmi áttekintés

2. közlemény: A szívritmus-variancia kutatások eredményei

KOVÁCS LEVENTE – SZENTLÉLEKI ANDREA – TÖZSÉR JÁNOS

ÖSSZEFOGLALÁS

Bár az elmúlt évtizedekben az állatok jóllétével kapcsolatos, nem invazív módszereket alkalmazó kutatások egyre inkább előtérbe kerültek, szarvasmarhában – mégis igen kevés publikáció született ebben a tárgykörben. A szerzők. A tanulmány második részében a szívritmus-variancia (HRV) kutatások eddigi eredményeit foglalták össze szarvasmarhában. Megállapították, hogy a HRV stresszindikátorként való alkalmazhatóságát vizsgáló alapkutatásokon kívül a legtöbb állatjólléti kutatásban a különböző betegségek, valamint technológiai és környezeti stresszorok HRV-ben mérhető élettani hatásait vizsgálták. A legfrissebb publikációk a viselkedés és a HRV közötti összefüggésekről is beszámoltak. A kutatások összefoglaló értékelése ugyan kérdéseket vet fel a módszer rutinszerű alkalmazhatóságát illetően, véleményük szerint a HRV vizsgálata a stressz kimutatásának számottevő módszere lehet a szarvasmarhában alkalmazott viselkedésélettani kutatásoknak, akár hazánkban is.

SUMMARY

Kovács, L. – Szentléleki, A. – Tózsér, J.: THE RESEARCH OF HEART RATE VARIABILITY IN CATTLE – A REVIEW. PART 2.: SUMMARY OF THE RESULTS OF HEART RATE VARIABILITY RESEARCHES

Although in the last decades the number of studies using non-invasive methods investigating animal welfare in cattle came to the front – only few publications have been written in this topic. In the second part of the study authors collected all published data involving heart rate variability (HRV) measurement in cattle. In most animal welfare studies HRV have been reported to be a good indicator of emotional stress, and may also reflect the physiological effects of various diseases, as well as technological and environmental stressors. The effect of different stressors is indicated by different parameters of HRV, and correlations between the behaviour and the HRV has also been reported. Although the present review mentions the limits of the adaptability of the methodology of HRV as a routine procedure, to the authors' opinion, HRV assessment might be a relevant method for measuring stress level in psychophysiological research in cattle in Hungary too.

BEVEZETÉS

Napjainkban az intenzív termelési rendszerekben tartott szarvasmarha-állományokban a másodlagos tulajdonságok (technológiai tűrőképesség, stressztűrő-képesség, vérmérséklet) több rendellenességet mutatnak, ami az állatok közérzetét adott technológiában ronthatja. A gazdasági állatok jólléti állapotát ugyanis elsősorban a technológia határozza meg. Amennyiben a technológiai környezet különböző tényezői akadályozzák az állat élet- vagy termelési szükségleteinek kiélégítését, a szervezetre stresszorokként hatnak.

A szociális csoportokban élő és termelő háziállatfajok egyedeinél – mint amilyen a szarvasmarha is – a gyakorta megjelenő, és tartósan fennálló agresszió, továbbá az ennek következtében kialakuló stresszállapot ugyancsak jelentős hatással lehet az állatok termelési mutatóira. A bizonytalanság érzése, a különböző szociális interakciókból adódó és technológiai elemektől való félelem, az agonisztikus viselkedésformák ugyanis mind olyan potenciális stressztényezők, melyek az állatok jóllétét nagyban befolyásolják (*von Borell, 2001*).

A stresszből adódó élettani változások vizsgálatával – egyes tanulmányok szerint – a tartástechnológiából és a csoportos tartásból adódó stressz is kimutathatóvá válik. A legújabb ilyen módszer a szívritmus-variancia (heart rate variability, HRV) vizsgálata, mely egyes paramétereinek stresszindikátorként való alkalmazhatóságát szarvasmarhában az ezredforduló óta vizsgálják.

Bár a HRV-vel foglalkozó vizsgálatok száma eddig igen kis hányadát tette ki a viselkedéssélettani kutatásoknak, az utóbbi években – ha többnyire csak alapkutatási szinten is – e témában is egyre több publikáció látott napvilágot Európában és a tengerentúlon is.

Összefoglaló tanulmányunk második része szándékunk szerint szerves folytatása első közleményünknek, melyben a módszerrel végzett eddigi vizsgálati eredményeket ismertetjük szarvasmarhában és szót ejtünk a HRV kutatásában rejlő további lehetőségekről is. Természetesen nem vállalkozhattunk arra, hogy kritika-ilag elemezzük a kutatásokat, inkább arra törekedtünk, hogy az eddig vélhetően kevésbé ismert vizsgálatok eredményeit a szarvasmarha-tenyésztésben kutatók és a tenyésztők számára közérthetővé tegyük és érdeklődésüket felkeltsük e téma iránt.

ALAPKUTATÁSOK

Annak ellenére, hogy a különböző szarvasmarhafajták igen jelentős szerepet töltenek be a termelésben mind a tej-, mind a hú ágazatban, a mai napig csak 14 publikáció született, mely a HRV kutatásáról számolt be szarvasmarhában. Ezek a tanulmányok igen sokszínűek, ebből adódóan rendkívül változatos eredményeket adtak. Mivel egy, az alkalmazott állattenyésztés és állattetológia területén még új módszerről van szó, ezért nem meglepő, hogy a vizsgálatok nagy hányadát az alapkutatások uralják.

A HRV témakörében szarvasmarhában végzett kutatómunka nem tekint vissza nagy múltra. Az első vizsgálat, mely a HRV vizsgálatáról számol be szarvasmarhában, *Clabough és Swanson (1989)* nevéhez fűződik. Az amerikai kutatók a HRV-

vizsgálatok módszertanát alapjaiban meghatározó kísérletet végeztek. A szerzők az orvosi gyakorlatban jól ismert bradycardia (pulzusszám-csökkenés) jelenségét a szarvasmarhák mellkasának mesterséges szorításával (48 óra) váltották ki. A mellkas térfogatának csökkenése szignifikáns ($p < 0,05$) nyugalmi HR-csökkenést eredményezett. A HRV alacsonyfrekvenciás komponense (LF) szignifikáns mértékben ($p < 0,005$) csökkent, ez a szimpatikus tónus háttérbe szorulását támasztja alá. Ez az eredmény a mérések kivitelezése szempontjából bír rendkívüli jelentőséggel. Felmerül ugyanis a kérdés, hogy olyan vizsgálatokban, ahol az állatok szabadon mozoghatnak – és ezáltal a műszerek is nagyobb veszélynek vannak kitéve – egy megfelelően szorosra állított heveder nem befolyásolja-e a mérési eredményeinket. A probléma kiküszöbölésére a rögzítő szíjak, hevederek HR-, illetve HRV-értékekre való hatásának vizsgálatát javasoljuk. Véleményünk szerint ez praktikus elvégezhető a műszerhez való szoktatási időszak előtt, amikor az egyik nap rugalmas szíjakkal erősítjük az állatokra a műszereket, majd másnap ugyanazon állatokra a vizsgálatban alkalmazni kívánt hevederekkel. Így, a két nap mérési eredményeit összehasonlítva kiszűrhetőek lennének az esetleges, a rögzítés szorosságából adódó HRV-ben mérhető eltérések.

Hopster és Blokhuis (1994) vizsgálatukban a Polar Sport Tester HR-mérő műszer és egy hagyományos EKG-készülék mérési eredményeit hasonlították össze tejelő szarvasmarhában. A vizsgálat a pihenés alatti ($r = 0,88$) és mozgás közbeni ($r = 0,72$) HRV-értékek között is szoros összefüggésről számolt be. A szerzők szerint a Polar Sport Tester megfelelő műszernek bizonyult tejelő szarvasmarhák HR és a HRV vizsgálatához, mely azóta több újabb tanulmányban is (Waiblinger és mtsai, 2004; Janžeković és mtsai, 2006) igazolást nyert.

Egy, a fentihez hasonló alapkutatás (Manzo és mtsai, 2009) borjakban, kutyákban és nyulakban végzett HRV-vizsgálatok eredményeit hasonlította a humán értékekhez. A kutatók megállapították, hogy a borjakban mind az LF ($547,0 \pm 256,9 \text{ ms}^2/\text{Hz}$), mind a HF ($601,0 \pm 666,6 \text{ ms}^2/\text{Hz}$), mind pedig az LF/HF ($2,5 \pm 1,9$) paraméter hasonló értékeket mutatott, mint a humán vizsgálati alanyoknál. A szerzők úgy találták, hogy a HRV vizsgálata akárcsak az orvostudományban, a haszonállatoknál is fontos módszerként szolgálhat az alkalmazkodóképesség, illetve a stressz különböző szintjeinek vizsgálatára.

Stewart és mtsai (2010) legújabb tanulmányukban elegánsan igazolták a HRV módszerének alkalmazhatóságát a vegetatív idegrendszeri működés tanulmányozására. Tizenhat véletlenszerűen kiválasztott négy hónapos holstein-fríz bikaborjat vontak alapkísérletükbe, melyeknek sóoldatot tartalmazó vagy a szimpatikus hatást kiváltó epinefrin (adrenalin) nyaki infúziót kötöttek be. A HRV-adatok felvételét a beavatkozás előtti 15. percben kezdték meg, és az infúzió eltávolítása után 10. percre folytatták. A sóoldatot tartalmazó infúzió nem volt hatással a HRV-re. Az RMSSD mutató szignifikáns növekedése (az infúzió beadása előtti időszakkal összehasonlítva: $p < 0,001$; a sóoldatos infúziót kapott borjakkal összehasonlítva: $p < 0,05$) az egyensúly helyreállításáért felelős paraszimpatikus ág megnövekedett aktivitását tükrözi. Az infúzió eltávolítása után az RMSSD paraméter értéke statisztikailag bizonyíthatóan ($p < 0,001$) csökkent a kontroll periódushoz képest. Ennek hátterében a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly visszaállása állhatott.

Több alapkutatás is beszámol a HRV fájdalom, illetve stressz kimutatására való alkalmazhatóságáról. Stewart és mtsai (2008a,b) helyi érzéstelenítést, míg

mások (Després és mtsai, 2002) vegetatív idegrendszeri működést blokkoló anyagokat alkalmaztak kísérleteik során.

Francia kutatók (Després és mtsai, 2002) a szimpatikus és paraszimpatikus aktivitás meghatározásával és különválasztásával a HRV alkalmazhatóságát vizsgálták holstein-fríz bikaborjak vegetatív idegrendszeri működésében, valamint a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúlyban bekövetkező változások kimutatására. Kísérleteikben vegetatív blokádot alkalmaztak. Az állatokat a következő módon kezelték: 1. 0,5 mg/kg atenolol (szimpatikus blokádnak); 2. 0,2 mg/kg atropin-szulfát (paraszimpatikus blokádnak); 3. 0,5 mg/kg atenolol + 0,2 mg/kg atropin-szulfát ('dupla' blokádnak); 4. sóoldat. A beavatkozásokat és a HRV-méréseket az állatok 9 hetes korában végezték, a reggeli etetés időpontjában (09:00 és 11:00 között). A HR-adatok felvételét az injekciók beadása előtt 20 perccel kezdték meg, és a beadás időpontja után 20 percig folytatták.

Megállapítható volt, hogy a sóoldat hatása nem volt mérhető egy HRV-paraméterrel sem. Az atenolol injekció minimális HR-csökkenést váltott ki (-2,81 szívverés/perc), és bár szignifikáns növekedést okozott a RR átlag értékben ($p < 0,05$), a HRV-paraméterek egyikében sem okozott statisztikailag igazolható változást. Az atropin-szulfát injekció a várakozásoknak megfelelően a HR drasztikus növekedését (29,7 szívverés/perc) eredményezte ($p < 0,01$), továbbá a RR átlag és az RMSSD paraméterek esetében szignifikáns csökkenést idézett elő (sorrendben: $p < 0,01$, illetve $p < 0,05$). A frekvenciatartományban számított TPW és HF paraméter szintén szignifikáns mértékben ($p < 0,01$) csökkent az injekció beadása előtti vizsgálati időszakhoz képest, mely szintén a paraszimpatikus tónus csökkenését igazolja. Az atenolol + atropin-szulfát injekciók szignifikáns csökkenését eredményeztek az RMSSD ($p < 0,05$), a TPW ($p < 0,05$) és a HF ($p < 0,05$) jelzőszámok értékeiben.

Meglepő eredménynek számít, hogy a kutatók egyik kezeléssel sem tudtak a szimpatikus aktivitásra módosító hatást gyakorolni. Nem találtak HRV-ben kifejezhető különbséget a sóoldat és az atenolol injekció hatásai között. Ezek alapján kijelenthetnénk, hogy a HRV-paraméterek nem alkalmasak a szimpatikus hatások vizsgálatára. Ha másként közelítünk az eredményekhez, így is fogalmazhatunk: az atenolol indukálta szimpatikus blokádnak nem volt olyan hatással a borjak szív működésére, mely e jelzőszámokkal kimutatható lett volna. Ennek egyik oka a kutatók szerint az lehet, hogy a borjaknak igen kicsi lehetett a szimpatikus aktivitása pihenés közben, mielőtt az injekciót kapták. Véleményünk szerint a kapott eredmények hátterében az is állhat, hogy az állatok az egy hetes szoktatási időszak alatt habituálódtak ehhez az eljáráshoz. Ezt alátámasztja a kutatók azon észrevétele, hogy az injekciók beadásakor sem próbáltak elmenekülni, és az egész procedura alatt nyugodtan viselkedtek. Ennek alapján kijelenthetjük, hogy az atenolol injekció nem volt hatással a borjak szív működésére. Az atropin-szulfát viszont jelentős, a HRV több paraméterével is kimutatható változásokat okozott, melyek kevésbé voltak erőteljesek, amikor atenolol injekciót is kaptak az állatok az atropinnal egy időben. A kutatók borjak esetében a HR, az RR átlag, valamint az RMSSD paramétereket a paraszimpatikus tónus megfelelő indikátorának találták.

STRESSZVIZSGÁLATOK TERMÉSZETSZERŰ KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

A legfrissebb tanulmányok a HRV fiziológiai és mentális stressz kimutatására való alkalmazásáról is beszámolnak. A stresszállapot kialakulásában szerepet játszó tényezők – ahogy majd látni fogjuk – meglehetősen komplex módon hatnak az állatok szív működésére. E vizsgálatokat igen érdekessé teszi, hogy az alkalmazott eljárás módszer újszerűsége és kiforratlanságából adódóan eredményeik rendkívüli változatosságot mutatnak. Ez egyben azt is jelenti, hogy a tanulmányok számos ponton érintenek olyan kérdéseket, melyekre jelenleg még nincs válaszunk. Sok esetben olvashattunk ugyanis nehezen magyarázható eredményekről, melyek – véleményünk szerint – legtöbbször az értékelő módszerek állatélettani alkalmazásának újszerűségéből és az ebből adódó hibákból eredeztethetők. A szarvasmarhában végzett kutatások középpontjában a különböző betegségek, a viselkedés, illetve környezeti és technológiai tényezők, mint stresszorok következtében fellépő fájdalomból és nyugtalanságból eredő stressz HRV-vel való összefüggései állnak.

A környezeti és belső eredetű stressz vizsgálata

Bár az egészségi állapot az állatok jóllétét alapvetően meghatározó tényező, a szarvasmarhában végzett HRV-kutatásokban eddig a betegségek vizsgálata még nem került a figyelem középpontjába. Mindössze két tanulmány foglalkozott eddig fertőző betegségek szív működésére kifejtett hatásairól. Pomfrett és mtsai (2004) vizsgálatukban szarvasmarhák szivacsos agyvelőgyulladása (*bovine spongiform encephalopathy*, BSE) által okozott fiziológiai stressz mértékét próbálták meghatározni a HRV spektrális paramétereinek elemzésével. Az állatokat három csoportra osztották, melyeket különböző dózisban fertőzött takarmánnyal etettek egy éven keresztül. A kontroll állatok (48 egyed) mellett a két kísérleti csoport állatainak takarmányába (42, illetve 43 egyed) 1, illetve 100 g BSE-vel fertőzött agyvelő homogenátumot kevertek. A nagyfrekvenciás komponens (HF) tekintetében szignifikáns csökkenést ($p < 0,001$) tapasztaltak a kontroll-, illetve a két fertőzött csoport állatai között. A nagy dózisban fertőzött takarmánnyal etetett kísérleti csoportban mért HRV-paraméterek közül az alacsonyfrekvenciás (LF) komponens értéke nőtt statisztikailag is igazolható mértékben ($p < 0,01$) a másik két csoport ugyanezen mutatóihoz képest. A HRV időtartományban számított paraméterei a beteg állatok esetében voltak kisebbek. E vizsgálat eredményei tehát azt mutatják, hogy a betegség következtében fellépő fiziológiai stressz a HRV indexeivel kimutatható.

A brit kutatók eredményével összhangban van egy német kutatócsoport (Mohr és mtsai, 2002) tanulmánya, melyben – többek között – betegséggel terhelt borjak HRV-jét is vizsgálták. A szerzők sokat hivatkozott cikkükben a lineáris és nem lineáris HRV-paraméterek alkalmazhatóságát vizsgálták borjak és tehének stresszterhelésének megállapítására. A kiértékelésnél az idő- és frekvenciatartományban számított paramétereken kívül (RMSSD, SDNN, SDANN, HRV_{index}, illetve LF, HF, LF/HF) nem lineáris indexeket is számítottak (%DET, L_{MAX}).

Első kutatásukban 52 borjú három csoportját vizsgálták. A csoportokat két nappal választás után alakították ki. A kontroll csoportot a stresszterhelést nem kapott borjak alkották (1-es csoport, 18 állat). Az egyik kísérleti csoportba a környezeti

stresszben szenvedő (2-es csoport, 20°C-nál magasabb környezeti hőmérséklet és rovarzavarás, 17 állat) borjakat állították. A másik kísérleti csoportba (3-as csoport) a szarvasmarhák vírusos hasmenésével (*bovine viral diarrhea*, BVD – 17 állat) fertőzött borjak kerültek. A belső eredetű stresszt ebben a kísérletben a megbetegedés által előidézett nyálkahártya-károsodások, hasmenés, és az ezek következtében felboruló homeosztatikus egyensúly okozták.

Borjakban az időtartományban számított paraméterek mindegyike az 1-es csoporttól a 3-as csoportig haladva szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) csökkentek (RMSSD 79%-kal, SDNN 45%-kal). Ez növekvő stresszterhelésről tanúskodik, ami a vágusz-tónus csökkenését jelzi. Megállapították azt is, hogy míg az RMSSD érték az 1-es és 2-es csoportok között csökkent nagyobb mértékben, addig az SDNN, az SDANN és a HRV_{index} a külső, illetve belső stressznek kitett borjak között (2-es és 3-as csoport) mutatott jelentősebb különbséget.

A témában megjelent tanulmányok az SDNN, az SDANN és a HRV_{index} paraméterek szoros korrelációjáról számolnak be (pl. *Hagen és mtsai*, 2005), melyek az RMSSD mutatóval kiegészülve bizonyítottan a szimpatikus és paraszimpatikus hatások együttes változásának indikátorai. E jelzőszámok stresszhatásra bekövetkező együttes csökkenéséből ezért arra következtethetünk, hogy az olyan erős fiziológiai stressz, mint a vírusos hasmenés, mind a vágusz, mind a szimpatikus tónus aktivitását csökkenti.

A szimpatikus/paraszimpatikus egyensúlyt reprezentáló LF/HF arány az 1-es csoporttól a 3-asig haladva 400%-kal nőtt. Ez a statisztikailag is alátámasztható eredmény ($p < 0,05$), a szimpatikus ág aktivitásának jelentős túlsúlyára, ezáltal nagymértékű stresszterhelésre utal. Érdekesség, hogy a szimpatikus hatást jelző LF paraméter nem mutatott szignifikáns különbséget a kísérleti csoportok stresszterheltségét illetően. Ugyanakkor a HF komponens értékeinek csökkenése az RMSSD mutatóhoz hasonlóan reprezentálta a stressz különböző szintjeit. Ez az eredmény megerősít több korábbi kutatást, melyekben a szerzők (*Kleiger*, 1995; *Malik és mtsai*, 1996) az RMSSD és a HF komponens közötti szoros korrelációról számolnak be.

A nem lineáris paraméterek mindegyike szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) nőtt az 1-es és a 3-as csoport között, továbbá a kontroll állatokhoz képest mind a környezeti, mind a fiziológiai stressz-terhelés fellépésekor szignifikánsan nagyobb értékeket mutattak ($p < 0,05$). A szerzők a legreprezentatívabb mutatónak a stressz különböző formáinak elkülönítésére az L_{MAX} paramétert találták, mely mindhárom csoport értékei között statisztikailag igazolható különbséget mutatott. Ennek oka, hogy bár a %DET paraméter e vizsgálat további alanyaiul szolgáló vemhes, illetve laktáló tehenek, valamint a környezeti stressztől szenvedő borjak esetében egyaránt statisztikailag alátámasztható mértékben nőtt ($p < 0,05$), a környezeti stressz alatt álló és beteg borjakat összehasonlítva nem mutatott ki szignifikáns eltérést. Ez arra enged következtetni, hogy e paraméter inkább a stressz mértékének jelzőszáma lehet, míg az L_{MAX} a stressz formájának meghatározására is alkalmazható. A %DET nem lineáris paraméter volt az egyetlen mutató, mely értéke szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) nagyobb volt a tejelő teheneknél a szárazonálló tehenekhez képest. Megemlítendő az is, hogy a stressz mértékétől és formájától függően különböző mértékben változtak a nem lineáris paraméterek értékei.

A technológiából eredő stressz vizsgálata

Az alkalmazott tartástechnológia – minden elemével – az intenzív tartási rendszerek elterjedésével párhuzamosan a háziállatok jóllétének elsődleges meghatározójává vált. A szarvasmarha-tenyésztés gyakorlatában az olyan rutinszerűen végzett beavatkozások (pl. csülökszaru-ápolás, szarvtalanítás, ivartalanítás) következtében fellépő fájdalom és stressz mérséklése éppen ezért fontos tényezői az állatok jóllétének. A következőkben két olyan vizsgálatot mutatunk be, melyek a szarvasmarhában egyedülként számolnak be fájdalmat okozó időszakos ápolási munkák HRV-re kifejtett hatásairól.

Stewart és mtsai (2008a) tanulmányukban a szem hőmérsékletében és a HRV-ben jelentkező változásokat mérték égetéssel történő szarvtalanítás és sebészeti úton történő ivartalanítás közben helyi érzéstelenítéssel, illetve érzéstelenítés nélkül. A négy vizsgálati csoportba 8-8 állatot osztottak be. A szem hőmérsékletét infravörös hőérzékeléssel (infrared thermography, IRT) határozták meg. Az IRT a szem környéki kapilláris erek hőszugárzását képes érzékelni, mely a vegetatív idegi szabályozás kontrollja alatt álló vérnyomás függvénye. A szem hőmérsékletében bekövetkező változásokat ugyanis a kapillárisokban a fokozott szimpatikus aktivitás eredményeként létrejövő vazokonstrikció (kapillárisok szűkülése) hatására megváltozott vérnyomás okozza.

A HR-adatok rögzítését *Després és mtsai* (2002) kísérlethez hasonlóan a beavatkozások előtt 20 perccel kezdték meg, és a szarvtalanítás után még 20 percig folytatták. Eközben folyamatosan mérték a szem hőmérsékletét és a viselkedést videokamerával rögzítették.

A szerzők a helyi érzéstelenítés nélkül végzett szarvtalanítást követően a szem hőmérsékletében hirtelen csökkenést ($p < 0,05$), ezzel párhuzamosan a HF paraméter értékének csökkenését, valamint az LF, illetve LF/HF mutatók növekedését állapították meg. Mindezekből a vágusz tónus csökkenésére és a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúlyban a szimpatikus idegi aktivitás túlsúlyára következtethetünk.

Amennyiben a szarvtalanítást helyi érzéstelenítés mellett végezték, ugyancsak megfigyelhető volt a szem hőmérsékletének csökkenése, mely szintén a szimpatikus aktivitás növekedésével (nagyobb LF, illetve LF/HF) és a paraszimpatikus tónus csökkenésével járt együtt (kisebb HF). Ez azt jelenti, hogy a kísérletben alkalmazott érzéstelenítés nem enyhítette a szarvtalanítás okozta fájdalmat olyan mértékben, hogy az HRV-ben megmutatkozó stresszt ne okozzon az állatoknak.

Az érzéstelenítést nélkülöző ivartalanítást követően az új-zélandi kutatók a szarvtalanítás hatásait vizsgáló kísérletükkel ellentétes eredményeket kaptak: a szem hőmérséklete, az RMSSD és a HF paraméter értékei nőttek, valamint az LF és az LF/HF mutatók csökkentek. Ezek az adatok a paraszimpatikus tónus felerősödését jelzik. A szerzők az ivartalanítást követően fellépő paraszimpatikus túlsúlyt az ondózsínor roncsolása következtében fellépő mély zsigeri fájdalommal hozták összefüggésbe, melyet a medencei zsigerekhez tartozó herékből a paraszimpatikus idegek közvetítenek. Ezt a feltételezést véleményünk szerint további vizsgálatokkal kell még megerősíteni. A szem hőmérsékletében bekövetkező változásra magyarázat lehet, hogy a nagyobb paraszimpatikus aktivitás lassúbb szív működést és alacsonyabb vérnyomást idézett elő, mely a kapilláris erek tágulását, így a szem hőmérsékletének emelkedését eredményezte.

Az új-zélandi kutatócsoport egy másik kísérletükben a már ismertetett vizsgálathoz hasonlóan (Stewart és mtsai, 2008b), a szarvtalanítás által okozott stressz mértékét igyekezett kimutatni. Ebben a vizsgálatban is négy csoportba osztották a borjakat. Eltérés az előző kísérlettől, hogy itt nem csak a beavatkozás előtti kontroll időszakban mért eredményeket hasonlították össze a szarvtalanítás után regisztrált adatokkal, hanem két kontroll csoportot is létrehoztak a szarvtalanított és a helyi érzéstelenítés mellett szarvtalanított állatok mellett: egy minden beavatkozástól mentes, valamint egy csak helyi érzéstelenítésben részesített kontroll csoportot. A 40 perces vizsgálati időszakban a szem hőmérsékletét mérték, és regisztrálták a HRV-t.

A már bemutatott kísérlethez hasonlóan az érzéstelenítés nélkül történt szarvtalanítás után a beavatkozás előtti periódushoz viszonyítva a szem hőmérsékletében hirtelen csökkenés volt kimutatható ($p < 0,05$), melyet a HF paraméter csökkenése ($p < 0,01$) és az LF és az LF/HF növekedése ($p < 0,05$) kísért. Ezek az eredmények mind a fájdalom következtében fellépő stresszről (alarm reakció) tanúskodnak. Különbség azonban a két vizsgálat eredményei között, hogy az érzéstelenítéssel végzett szarvtalanítás itt csak kismértékű csökkenést okozott a szem hőmérsékletében. Ez azt jelenti, hogy ebben a vizsgálatban a beavatkozás által okozott fájdalom és stressz helyi érzéstelenítéssel mérsékelhető volt. Bár az RMSSD paraméter csökkenésének hátterében a szarvtalanított csoportokban a vágusz-tónus csökkenése állhat, e mutató értéke egyik kísérleti csoport között sem mutatott statisztikailag alátámasztható különbséget.

A kutatók megállapították, hogy a beavatkozás utáni 5. perctől a szem hőmérséklete szignifikáns mértékben ($p < 0,001$) nőtt mindkét szarvtalanított csoportban a két kontroll csoporttal, illetve a beavatkozás előtti időszakkal összehasonlítva. Erre a szerzők nem találtak magyarázatot. A két kontroll csoport között nem volt statisztikailag igazolható különbség sem a szem hőmérsékletében, sem a HRV mutatókban.

A két tanulmány alapján igazoltnak látszik az a tény, hogy a HRV módszere egy metodikájában teljesen eltérő, stressz kimutatására elfogadott módszerrel szinkronban eredményesen alkalmazható idegrendszeri aktivációk, ezen belül első sorban a szimpatikus aktivitás vizsgálatára.

Hopster és mtsai (1998) tejelő tehenek fejőállás-preferenciáját vizsgálták 93-as egyed számmal. A vizsgálati állatokat azok a tehenek alkották, amelyek a 28 hónapos megfigyelési idő alatt a vizsgálati hónapok legalább 75%-ában a fejőállás jobb vagy bal oldalát választották (23, illetve 20 állat). Ebből 12, illetve 11 tehén választotta minden hónapban a fejőállás bal, illetve jobb oldalát. A kutatók az állatokat két csoportra osztották: azokra a tehenekre, amelyeket az általuk kedvelt, illetve azokra, amelyeket az általuk nem preferált fejőállásban fejtek. Az eredmények szerint a fejés első percében a számukra kedvezőtlen fejőállásban fejt tehenek HRV-értékei szignifikánsan ($p < 0,05$) nagyobbak mutatkoztak a számukra kedvező fejőállásban fejt, illetve fejőállás-preferenciát nem mutató tehenekénél. A HRV-ben mutatkozó különbségek magyarázata a szerzők szerint abból adódhatott, hogy a fejőállás-preferenciát mutató tehenek az általuk nem preferált fejőállásban nyugtalanok voltak. A kutatók a vizsgálati csoportok tejtermelésében nem találtak szignifikáns különbséget. Ezen tanulmány eredményei megítélésünk szerint több szempontból is vitathatók. A szerzők cikkükben ugyanis nem határozzák

meg, hogy milyen HRV-paramétereket vizsgáltak, sőt még csak nem is definiálják a HRV fogalmát. Így nehezen értelmezhető a HRV növekedésének a vizsgálati állatok nyugtalanságával, mentális stressz-terheléssel való magyarázata, mely minden, e témában eddig megjelent publikáció eredményeinek ellentmond.

Osztrák szerzők (*Hagen és mtsai*, 2005) a fajta és a fejési rendszerek összefüggését vizsgálták a HRV-vel 12 szimentáli és 12 svájci barna tehenen egy robotizált és egy hagyományos, halszálkás elrendezésű fejési rendszerben (6-6 állat mindkét fajtából). Az adatokat fekvés, állás, valamint 'fejés közbeni állás' testhelyzetekben vették fel.

A fajták közötti szív működésbeli különbségekre mutat rá, hogy az LF paraméteren kívül, az összes lineáris és nem lineáris mutató statisztikailag is igazolhatóan különbözött (RR átlag, RMSSD, HF: $p < 0,05$, LF/HF $< 0,01$; illetve % REC, % DET: $p < 0,001$) a szimentáli és a svájci barna teheneket összehasonlítva. Az RMSSD paraméter szignifikánsan kisebb ($p < 0,05$) értékeket mutatott a szimentáli tehenek esetében. Ennek egyik magyarázata lehet, hogy ez a fajta az intenzív tejtermelő rendszerekben érzékenyebb a stresszre, mint a svájci barna. Ez a megállapítást alátámaszthatja a szerzők egy korábbi tanulmányát (*Hagen és mtsai*, 2004), melyben arról számolnak be, hogy a szimentáli tehenek fejés közben többször mutatnak nyugtalanságra utaló viselkedési jeleket (láb emelgetése, lépés). A kutatók úgy vélik, hogy a fajták közötti HRV-ben tapasztalt eltérések okai az anyagcsere-folyamatok különbségeiben, valamint tartási és vérmérsékleti különbségekben keresendők.

A szerzők szerint sem az SDNN, sem az LF paraméter nem megbízhatóak a vegetatív idegrendszeri aktivitás mérésére. Ennek oka, hogy vizsgálatukban e mutatók csak fekvés közben mutattak ki statisztikailag is alátámasztható különbséget ($p < 0,01$) a fajták között, valamint, hogy mind a fejési rendszerek, mind a fekvés és állás összehasonlításakor is csak kis különbséget jeleztek.

A fejési rendszerek hatását vizsgálva fekvés közben az SDNN és LF paramétereket leszámítva mind a lineáris, mind a nem lineáris változók szignifikánsan nagyobb mértékű stresszt jeleztek (kisebb RMSSD: $p < 0,01$, kisebb HF: $p < 0,05$, illetve nagyobb LF/HF: $p < 0,5$) a robotizált fejési rendszerben termelő teheneknél, a halszálkás fejőállásban fejt tehenekkel összehasonlítva. Ezek az eredmények a szimpatikus idegrendszeri aktivitás túlsúlyára utalnak. A kutatók fejés közben ugyanakkor nem találtak különbséget a különböző fejési rendszerekben termelő tehenek HRV-értékei között. Továbbá egy mutató sem mutatott szignifikáns eltérést állás és fejés közben mérve. Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a robotizált fejési rendszerben fejt teheneknél tapasztalt nagyobb stresszt nem maga a fejés jelentette. Ennek egyik oka lehet, hogy az állás közbeni metabolikus aktivitás elegendően nagy volt ahhoz, hogy meghaladja a fejési rendszerek által kiváltott krónikus hatásokat. Még nagyobb meglepetés, hogy fekvés és fejés közben sem volt statisztikailag alátámasztható eltérés egy HRV-mutató esetében sem. Mindezek alapján feltételezhető, hogy a fejés, mint technológiai tényező ebben a vizsgálatban nem jelentett HRV-ben mérhető akut stresszt az állatok számára. Ezzel összhangban van egy holland kutatócsoport egyik korábbi tanulmánya (*Hopster és mtsai*, 2002), melyben – bár csak a HR monitorozásával – megállapították, hogy a tehenek szív működésére sem a robotizált, sem a hagyományos fejési rendszerek nincsenek számottevő hatással, és a robotizált

fejőrendszerek nem jelentenek nagyobb fiziológiai terhelést az állatok számára szemben a hagyományos fejőállásokkal.

Hasonló témájú kutatásában Gygax és mtsai (2008) két különböző típusú robotizált fejési rendszerben (AMS1, AMS2), illetve automatizált tandem fejési rendszerekben (2x2-es auto-tandem fejőállások, ATM) termelő tehenek viselkedését és HRV-jét vizsgálták tizenkét svájci szarvasmarhatelepen (fejési rendszerenként négy telep). Az AMS1 és AMS2 fejési rendszerek egy boxos rendszerűek voltak, a különbséget a fejőrobot karjának működése jelentette. Tizenegy farmon holstein-fríz valamint svájci barna, egy telepen szimentáli tehenek képezték a vizsgálati mintát (farmonként 20-20 tehen). Tehénészetenként 10–10 véletlenszerűen kiválasztott állaton végeztek HRV méréseket.

A már idézett szerzők (Hagen és mtsai, 2004; Hagen és mtsai, 2005) megállapításával ellentétben – mely szerint az automatizált fejési rendszerekben ritkábbak a nyugtalanságra utaló viselkedésformák – azt találták, hogy a nyugtalan viselkedésmintázatok előfordulása (lépés, láblendítés) az AMS2 fejési rendszerben volt a leggyakoribb, ezt követték az AMS1 és az ATM rendszerek. Ezzel összhangban az RMSSD értéke az AMS2 fejési rendszerben volt a legkisebb, mely alapján ez a fejési rendszer növeli leginkább a stressz mértékét a tehenekben. A pihenés közben mért RMSSD érték az AMS1 rendszerben, a fejés közben mért RMSSD érték az AMS2-ben volt szignifikáns mértékben kisebb ($p < 0,001$) az ATM fejési rendszereknél. A nyugtalan viselkedésben és a HRV-ben megállapított különbségek statisztikailag is kimutathatóak voltak a robotizált, illetve az ATM fejési rendszerek között. Ugyanakkor e kutatás három olyan eredményt is adott, mely az eddigi feltételezéseket látszik megerősíteni. 1. Az RMSSD paraméterek összes fejési rendszerben fejés közben mért átlagai és e jelzőszámok pihenés közben mért átlagai statisztikailag igazolható mértékben nem különböztek egymástól. 2. A legkisebb RMSSD értékeket pihenés közben regisztrálták az AMS1 fejési rendszerben, vagyis a nagyobb szimpatikus aktivitás a tartástechnológia egyéb elemeiből volt eredeztethető. 3. Az AMS1 és az AMS2 fejési rendszerek – a gyakoribban jelentkező nyugtalan viselkedésformák és statisztikailag is igazolhatóan ($p < 0,001$) HRV-csökkenés ellenére – a különbségek abszolút értékét tekintve kismértékű stressznövekedést indukáltak az ATM rendszerekkel összehasonlítva.

Ez a kutatás megerősíti tehát azt a korábban több szerző által is közölt megállapítást, mely szerint a fejés maga, mint technológiai tényező, valamint a robotizált fejési rendszerek nem jelentenek számottevő stresszt az állatok számára.

Neuffer és mtsai (2004) tejelő tehenek stressztűrő-képességét vizsgálták ugyanezen a négy telepen, a már ismertetett fejési rendszerekben és vizsgálati állatokkal. A szerzők három viselkedéselemet különböztettek meg: lépés, láblendítés és rúgás. Meghatározták továbbá az összes vizsgálati állapot esetében a tej-kortizol koncentrációt. Bár a tej-kortizol vizsgálat nem adott statisztikailag alátámasztható eredményt, a HRV tekintetében szignifikáns különbség mutatkozott a különböző fejési rendszerek összehasonlításakor. A pihenés és fejés közben mért HRV-paraméterek az AMS1 fejőrendszerben voltak a legkisebbek, és sorrendben az AMS2, illetve az ATM fejési rendszerekben nőttek ($p < 0,001$). A vizsgálati eredmények itt is azt sugallják, hogy bár a különböző AMS rendszerek nem egyforma hatással voltak a tehenek fejés alatti HRV-paramétereire, a fejési rendszerek között megállapított eltérések meglehetősen csekélyek voltak.

Forkman és mtsai (2007) szerint a szociális fajok egyedei számára – mint amilyen a szarvasmarha is – az egyik legfontosabb, stresszt okozó helyzet a szociális izoláció. A félelmet kiváltó ingerek hatását a szerző szerint gyakran felülmúlhatja a szeparációs szorongásból adódó stressz, mivel ilyenkor általában az egyedeket társaiktól elkülönítve figyelik meg. Ilyen esetben a társak hiánya okozhat stresszt az állat számára. A tanulmányok egy részében megállapítást nyert, hogy felnőtt állatok esetében az újracsoportosítás előtti, csoporttársaktól történő szeparáció által kiváltott stresszt nem csak fiziológiai, hanem viselkedésbeli változások is kísérik, úgymint a nyugtalanság és a vokalizáció. Igaz, ezek a publikációk (*Hopster és Blokhuis*, 1994; *Boissy és Le Neindre*, 1997) csak az állatok HR-ben kifejezhető belső válaszait vizsgálták, a HRV-t nem.

A tenyésztési gyakorlatban azonban nem a felnőtt korban történő szociális izoláció a legmeghatározóbb a termelés gazdaságossága és eredményessége szempontjából. A leggyakrabban előforduló szeparációs helyzet a választás. Ez technológiától függően különböző életkorban történhet, de általában a természetesnél jóval korábban végzik el – alapvetően gazdasági okok miatt. A korai, és általában hirtelen történő választás jelentős stresszt okoz a borjak számára, melynek jól mérhető viselkedési és élettani jelei vannak (*Albright és Arave*, 1997).

A választás következtében fellépő stresszt kifejező HRV-paramétereket szarvasmarhában jelenlegi ismereteink szerint csak egy tanulmány vizsgálta (*Clapham és mtsai*, 2007), ami ellentmondásos eredményeket adott. A szerzők a választás okozta stressz mértékét tanulmányozták tinó borjakban a HRV elemzésével. Kutatásukban a választás előtt egy 12 napos alapperiódust határoztak meg, melyben már megkezdték az adatgyűjtést. A borjakat egy választás előtti, ún. előválasztási időszak első napján három csoportra osztották. A teljes előválasztási periódus 6 napig tartott. Az egyik kísérleti csoportban a borjak orrkarikát kaptak (8 állat), a másikban villanypásztorral elkerítették őket az anyjuktól (7 állat) egy szomszédos területre, ahol legelőfüvet és szalmát kaptak. Az orrkarikát kapott borjak az előválasztás után visszamehettek az anyjukhoz. A kontrollcsoportban lévő borjakat (7 állat) az előválasztási időszakban az anyjukkal folyamatosan együtt tartották, és nem végeztek rajtuk semmilyen beavatkozást. A választás napján minden borjút elválasztottak az anyjától. A választás után, napi 12 órás intervallumokban (06:00–18:00 óra között) ismét 12 napig mérték az állatok HR-jében bekövetkező változásokat. A borjakat egy elkerített kifutón tartották, mely 230 méterre volt a tehének legelőjétől, így a vizuális kontaktus lehetősége fennállt ebben az időszakban is. A szerzők az egyik vizsgálati csoportban sem találtak szignifikáns eltérést az átlagos HR-értékekben a választás előtti és utáni időszakok 12 órás periódusait összehasonlítva. Érdekeség, hogy az RMSSD érték a kontroll állatok esetében a választási időszakban statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt ($p < 0,01$), mint az alapperiódusban. A szerzők szerint a HRV statisztikai értelemben vett növekedésének oka a kontrollállatok választás utáni, kifutón való megváltozott mozgási aktivitásában keresendő. Ez az eredmény szemben áll azzal a humán, valamint a jelen cikkben is ismertetett állatjóléti vizsgálatokban megállapított ténnyel, mely szerint a stressz következtében az RMSSD paraméter csökkenő értéket mutat.

A fenti eredményekkel ellentétben, az RMSSD mutató értékeiben, az alapperiódusban orrkarikát kapott és az elkerített borjak csoportjaiban csak kis eltérés mu-

tatkozott a választás előtt, illetve a választás után vizsgált időintervallumokat összehasonlítva. Ugyanakkor az STD paraméter mind az orrkarikát kapott, mind az anyjuktól elkerített borjak csoportjában – a kontrollállatokkal ellentétben – statisztikailag alátámaszthatóan ($p < 0,05$) kisebb értéket mutatott az alapperiódusban a választás utáni időszakban mért értékekhez viszonyítva.

Az amerikai kutatók fenti eredményeinek magyarázata lehet, hogy a választás előtti időszakban 'kezelt' borjak másképpen reagáltak a választás következtében fellépő stresszre, mint a kontrollállatok. Ez az eltérés a borjak választás következtében fellépő mentális és fiziológiai stresszre való eltérő érzékenységre vezethető vissza. Amit biztosan állíthatunk, hogy e (feltételezhetően mozgási aktivitásból és nyugtalanságból eredő) szív működésbeli válaszokban mutatkozó különbségek két HRV-paraméterben is jól kimutathatóak voltak.

A nem környezeti eredetű faktorok hatásainak vizsgálata

Egyes szerzők publikációikban a HRV nem technológiai eredetű változókkal (életkor, laktációs és vemhességi periódus, tejtermelés, különböző testhelyzetek) való összefüggéseiről is említést tesznek. *Minero és mtsai* (2001) tanulmányukban – a HRV vizsgálatára általuk kidolgozott módszertan ismertetésén túl – tejelő fajtákban végzett HRV-vizsgálataik eredményeit publikálták. Kutatásukba hat üszőborjút, hat üszőt, hat első laktációs és hat többlaktációs tehenet vontak be egy Milano közeli intenzív tejelő tehenészetből. Az értékeléshez időtartományban végzett elemzést és Poincaré-grafikont alkalmaztak. A szerzők megállapították, hogy mind az időtartományban számított paraméterek (STD, illetve RMSSD), mind a geometriai mutatók (SD1, illetve SD2) nagy egyedi eltéréseket mutatnak. A vizsgálati eredmények szerint az STD és az RMSSD jelzőszámok az életkor előrehaladtával nem változtak szignifikáns mértékben.

Hagen és mtsai (2005) tejelő tehenek fekvés és állás alatt mért HRV-értékeit hasonlították össze. Vizsgálatukban megállapították, hogy az összes HRV-paraméter statisztikailag igazolható eltérést mutatott (SDNN és LF: $p < 0,05$, RMSSD, HF, LF/HF: $p < 0,001$) fekvés és állás közben. Ez világosan mutatja a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly elmozdulását a szimpatikus tónus irányába állás közben.

Svájci kutatók (*Gygax és mtsai*, 2008) a napi tejtermelés és a HRV közötti összefüggéseket keresve megállapították, hogy az RMSSD paraméter a nagyobb tejhozamú teheneknél statisztikailag alátámaszthatóan ($p = 0,001$) kisebb értéket mutatott, mint a kisebb tejtermelésű teheneknél. Ennek ellent mond az a holland kutatók által publikált vizsgálat (*Hopster és mtsai*, 2002), melyben a szerzők több független változó (napszak, a laktáció, valamint a vemhesség különböző szakaszai) mellett a napi tejtermelés HRV-vel kapcsolatos összefüggéseit keresték, és megállapították, hogy egyik változó sem volt hatással a szív működésre.

Mohr és mtsai (2002) a már bemutatott komplex vizsgálatukban teheneknél a laktáció és a vemhesség hatását vizsgálták az állatok szív működésére. Munkájukban a vemhesség eltérő szakaszában lévő tejelő (21 állat), illetve vemhes, szárazon álló (10 állat) állatok csoportjait különböztették meg. A két csoport HRV-értékei között sem az idő-, sem a frekvenciatartományban végzett elemzések során nem találtak statisztikailag igazolható különbséget. Megemlítendő azonban, hogy

az összes időtartományban számított mutató a laktáló és a szárazonálló státusz között növekvő tendenciát mutatott. A vemhesség különböző szakaszaiban lévő tejező tehének HRV-értékeiben szintén nem találtak szignifikáns eltérést. Ezekből az eredményekből leszűrhető, hogy sem a laktáció, sem a késői vemhesség nem tartoznak azok közé a fiziológiai faktorok közé, melyek a HRV idő- és frekvenciatartományban számított paramétereiben nagy eltérést mutatnának.

MEGBESZÉLÉS

A HRV témakörében megjelent közleményeket értékelve elmondhatjuk, hogy a legtöbb állatjóléti kutatásban az alapvizsgálatokon túl a szerzők a különböző betegségek, valamint technológiai és környezeti stressztényezők HRV-ben mérhető élettani hatásait vizsgálták. Egyes publikációk (*Neuffer és mtsai*, 2004; *Hagen és mtsai*, 2005; *Gygax és mtsai*, 2008) a viselkedés és a HRV közötti összefüggéseket is elemezték.

A tanulmányok értékelése után egyértelműen megállapítható, hogy több olyan HRV-paraméter is létezik, mely fontos lehet az állatok jóllétének kifejezésére. Azonban a szakirodalom nem tér ki az alkalmazott módszertani megoldások részletezésére, ezért az esetleges technikai eredetű hibás mérési eredmények pontos okai kevésbé felderíthetők.

Megjegyzendő az is, hogy az általunk ismertetett vizsgálatok nem minden esetben tudták egyértelműen magyarázni a környezet HRV-re gyakorolt hatásainak eredményeit.

E tanulmányokban ugyanakkor bizonyítást nyert, hogy időtartományban mind a rövid (RMSSD), mind a hosszú távú varianciát (SDNN, SDANN) leíró paraméterek a stresszterhelés növekedésével párhuzamosan csökkennek, így mind a szimpatikus, mind a vágusz-tónus indikátoraiként alkalmazhatók. Noha e tanulmányok igen változatos eredményeket adtak, a vizsgált irodalmak túlnyomó többsége (*Després és mtsai*, 2002; *Mohr és mtsai*, 2002; *Hagen és mtsai*, 2005; *Gygax és mtsai*, 2008) abban egyetért, hogy a különböző stresszorok legmegbízhatóbb mutatója az időtartományban számított RMSSD paraméter, mely egyes szerzők szerint (*Stewart és mtsai*, 2010) a paraszimpatikus aktivitás jelzésére a legalkalmasabb indexszám.

A frekvenciatartományban számított HF és LF/HF paraméterek több vizsgálatban is (*Mohr és mtsai*, 2002; *Hagen és mtsai*, 2005) az előre feltételezett összefüggéseket mutatták a stressz által kiváltott fiziológiai reakciókkal kapcsolatban. Ugyanakkor a legtöbb tanulmánnyal ellentétben egy publikáció (*Després és mtsai*, 2002) a HRV frekvenciatartományban számított paraméterei közül egyet sem talált alkalmasnak a szimpatikus tónus, illetve a szimpatikus/paraszimpatikus egyensúly reprezentálására borjak esetében. Ennek oka többek között, hogy vizsgálatukban az LF és HF paraméterek nagy egyéni különbségeket mutattak azonos körülmények között. Az LF mutató alkalmazhatósága továbbá több tanulmány alapján is erőteljesen megkérdőjelezhető (pl. *Després és mtsai*, 2002; *Mohr és mtsai*, 2002; *Hagen és mtsai*, 2005), ugyanis e paraméter értéke szintén nagy egyedi variabilitást mutatott a legtöbb vizsgálatban.

Mindezek alapján felmerülhet a kérdés, hogy vajon a HRV lineáris paraméterei önmagukban alkalmazva is megfelelőek-e a stressz, illetve a stressz különböző

szintjeinek megállapítására. Egyes szerzők (Mohr és mtsai, 2002; Hagen és mtsai, 2005) a nem lineáris mutatók fontosságára is felhívják a figyelmet, míg a legtöbbben ilyen paramétereket nem használnak (Després és mtsai, 2002; Neuffer és mtsai, 2004; Gygax és mtsai, 2008; Stewart és mtsai, 2008a,b, Stewart és mtsai, 2010). A vizsgált tanulmányok tükrében igazoltnak tűnhet e mutatók létjogosultsága, azonban tudnunk kell, hogy bizonyos paraméterek (pl. % DET) nem alkalmazhatók a stressz minden formájának kimutatására. Szükséges lehet tehát e mutatók alkalmazása is, azonban megfelelő referenciák hiányában csak kellő óvatossággal használjuk őket.

A HRV és a különböző nem technológiai eredetű tényezők összefüggéseit vizsgálva igazolták, hogy sem az életkor (Minero és mtsai, 2001), sem a laktáció, illetve a vemhesség előrehaladottsága (Mohr és mtsai, 2002; Hopster és mtsai, 2002), sem a napszak (Hagen és mtsai, 2005) nincsenek statisztikailag is aláátasztható hatással a szív működésre. Azonban egyes szerzők (Hagen és mtsai, 2005) a különböző testhelyzetek (fekvés és állás) között szignifikáns eltérésekről számoltak be. A napi tejhozam és a HRV közötti összefüggések egyelőre tisztázatlanok.

Többen is megállapították (Neuffer és mtsai, 2004; Hagen és mtsai, 2005; Gygax és mtsai, 2008), hogy a fejésnek, mint technológiai tényezőnek, valamint a különböző fejési rendszereknek nincs olyan élettani szempontból jelentős hatása a szervezetre, mely a HRV vizsgálatán keresztül a stressz különböző szintjeivel összefüggésbe hozható lenne.

A különböző betegségek élettani hatásait vizsgáló kutatások eredményei (Mohr és mtsai, 2002; Pomfrett és mtsai, 2004) egyértelműen bizonyítják, hogy a patofiziológiai stresszorok is hasonló kihívásokat jelentenek az állatok számára, mint a fizikai környezetből származó ingerek, melyekkel az állat szervezetének meg kell küzdenie.

A HRV tanulmányozásával foglalkozó publikációk összefoglaló értékelése ugyan további kérdéseket vethet fel a módszer rutinszerű alkalmazását illetően, mégis, a szakirodalmak áttekintő elemzése után láthatóak az eljárás előnyei és a benne rejlő lehetőségek. A vizsgálatok túlnyomó többsége ugyanis igazolta a HRV alkalmazását a különböző tartási körülmények és menedzsmentbeli gyakorlatok következtében fellépő változatos környezeti hatásokból eredő stressz meghatározására.

Véleményünk szerint a HRV vizsgálata jelentős nem invazív eljárása lehet a szarvasmarhában végzett viselkedésetti kutatásoknak, akár hazánkban is. Úgy gondoljuk, hogy kellő vizsgálati tapasztalat birtokában a HRV módszerével a korábbiaknál jóval pontosabb magyarázatokat adhatunk a szarvasmarha-tenyésztés egyes állatjóléti kérdéseire is.

Az eddig megjelent publikációkat tekintve úgy tűnik, hogy a viselkedési megfigyelések és fiziológiai vizsgálatok a közeljövőben kézzelfogható segítséget nyújthatnak a tartástechnológiából adódó stresszorok felderítésére és azok enyhítésére. A HRV módszerével egyúttal a korábbiaknál jóval pontosabb magyarázatokat adhatunk egy sor olyan jelenségre, melyek hatással vannak a termelésre azáltal, hogy az állatok közérzetét közvetlenül vagy közvetett módon befolyásolják. E kutatások eredményei hosszabb távon lehetővé tehetik a tejelő tehéntartás és a borjúnevelés technológiai elemeinek korszerűsítését, továbbá az eddigi munkafolyamatok ártértékelését is.

Rövidítések jegyzéke (részletes ismertetésüket lásd: 1. közlemény)

LF	Az alacsonyfrekvenciás komponens spektrális teljesítménye
HF	A nagyfrekvenciás komponens spektrális teljesítménye
LF/HF	Az alacsony- és nagyfrekvenciás komponensek aránya
TPW	Teljes spektrális teljesítmény
HRV _{index}	Az IBI-jelek sűrűségi eloszlása az IBI-jelek maximumától számítva
RMSSD	A szomszédos IBI-jelek különbségének négyzetgyöke
RR átlag	Az IBI-jelek hosszának egy adott jelszakaszra számított átlaga
SDNN	Az IBI-jelek teljes jelszakaszra számított szórása
SDANN	Az 5 perc alatt detektált IBI-jelek átlagértékeinek szórása
STD	A HR-értékek szórása
%DET	Az átlósan emelkedő egymást követő pontok százalékos aránya
%REC	Az egymást követő pontok százalékos aránya a teljes többdimenziós térben
L _{MAX}	A leghosszabb átlós szakasz a többdimenziós térben
SD1	A Poincaré-grafikon pontjainak azonosság-egyenestől merőleges szórása
SD2	A Poincaré-grafikon pontjainak azonosság-egyenestől párhuzamos szórása

IRODALOM

- Albright, J.L. – Arave, C.W. (1997): The behaviour of cattle. CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. 306
- Borell von, E. (2001): The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. J. Anim. Sci., 79. 260–267.
- Boissy, A. – Le Neindre, P. (1997): Behavioral, cardiac and cortisol responses to brief peer separation and reunion in cattle. Physiol. Behav., 61. 693–699.
- Clabough, D.L. – Swanson, C.R. (1989): Heart rate spectral analysis of fasting-induced bradycardia of cattle. Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol., 257. 1303–1306.
- Clapham, W.M. – Fedders, J.M. – Swecker Jr., W.S. – Scaglia, G. – Fontenot, J.P. (2007): Heart rate variation: does it indicate stress in calves at weaning? Kézirat.
- Després, G. – Veissier, I. – Boissy, A. (2002): Effect of autonomic blockers on heart period variability in calves: evaluation of the sympatho-vagal balance. Physiol. Res., 51. 347–353.
- Forkman, B. – Boissy, A. – Meunier-Salaün, M.C. – Canali, E. – Jones, R.B. (2007): A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. Physiol. Behav., 92. 340–374.
- Gygax, L. – Neuffer, I. – Kaufmann, C. – Hauser, R. – Wechsler, B. (2008): Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. Appl. Anim. Behav. Sci., 109. 167–179.
- Hagen, K. – Langbein, J. – Schmied, C. – Lexer, D. – Waiblinger, S. (2005): Heart rate variability in dairy cows – influences of breed and milking system. Physiol. Behav., 85. 195–204.
- Hagen, K. – Lexer, D. – Palme, R. – Troxler, J. – Waiblinger, S. (2004): Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental cows in a herringbone parlour or an automatic milking unit. Appl. Anim. Behav. Sci., 88. 209–225.
- Hopster, H. – Blokhuis, H.J. (1994): Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress-response in dairy-cows. Can. J. Anim. Sci., 74. 465.
- Hopster, H. – Bruckmaier, R.M. – van der Werf, J.T.N. – Korte, S.M. – Macuhova, J. – Korte-Bouws, G. – van Renen, C.G. (2002): Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. J. Dairy Sci., 85. 3206–3216.

- Hopster, H. – Joop, T. – van der Werf, N. – Blokhuis, H.J. (1998): Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 55. 213–229.
- Janžekovič, M. – Mursec, B. – Janžekovič, I. (2006): Techniques of measuring heart rate in cattle. *Tehni ki Vjesnik*, 13. 31–37.
- Kleiger, R.E. (1995): Heart rate variability and mortality and sudden death post infarction. *J. Cardio-vasc. Electrophysiol.*, 6. 365–367.
- Malik, M. – Bigger, J.T. – Camm, A.J. – Kleiger, R.E. – Malliani, A. – Moss, A.J. – Schwartz, P.J. (1996): Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur. Heart J.*, 17. 354–381.
- Manzo, A. – Ootaki, C. – Kamohara, K. – Fukamachi, K. (2009): Comparative study of heart rate variability between healthy human subjects and healthy dogs, rabbits and calves. *Lab. Anim.*, 43. 41–45.
- Minero, M. – Canali, E. – Ferrante, V. – Carenzi, C. (2001): Measurement and time domain analysis of heart rate variability in dairy cattle. *Vet. Rec.*, 149. 772–774.
- Mohr, E. – Langbein, J. – Nürnberg, G. (2002): Heart rate variability: A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. 75. 251–259.
- Neuffer, R. – Hauser, L. – Gygas, C. – Kaufmann, B. – Wechsler (2004): Behaviour of dairy cows milked in two automatic milking systems. *Proc. of the 38th Int. Congr. ISAE, Helsinki, Finland*, 82.
- Pomfrett, C.J.D. – Glover, D.G. – Bollen, B.G. – Pollard, B.J. (2004): Perturbation of heart rate variability in cattle fed BSE-infected material. *Vet. Rec.*, 154. 687–691.
- Stewart, M. – Stafford, K.J. – Dowling, S.K. – Schaefer, A.L. – Webster, J.R. (2008a): Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. Behav.*, 93. 789–797.
- Stewart, M. – Webster, J.R. – Schaefer, A.L. – Stafford, K.J. (2008b): Infrared thermography and heart rate variability for non-invasive assessment of animal welfare. *ANZCCAART News*, 21. 1–4.
- Stewart, M. – Webster, J.R. – Stafford, K.J. – Schaefer, A.L. – Verkerk, G.A. (2010): Technical note: Effects of an epinephrine infusion on eye temperature and heart rate variability in bull calves. *J. Dairy Sci.*, 93. 5252–5257.
- Waiblinger, S. – Menke, C. – Korff, J. – Bucher, A. (2004): Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 85. 31–42.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:

A Balassi Intézet Magyar Ösztöndíj Bizottsága (MÖB) és a Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) nemzetközi együttműködés támogatásával. Projekt szám: MÖB/38-8/2010.

Érkezett: 2011. június

Szerzők címe: Kovács L. – Szentléleki A. – Tőzsér J.
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Állattenyésztés-tudományi Intézet

Authors' address: Szent Istvan University
Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
Institute of Animal Husbandry
H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Kovacs.Levente@mkk.szie.hu

KÜLÖNBÖZŐ FAJTÁJÚ TENYÉSZKANCÁK ÉLŐSÚLYA ÉS TESTMÉRETEI

9. közlemény: A nóniusz

BENE SZABOLCS – GICZI ANITA – NAGY BARNABÁS

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők négy hazai nóniusz törzstenyészetben – Mezőhegyes, Mátá, Mány, Solt – 109 kifejlett tenyészkanca élősúlyát és 21 testmértét vették fel, majd értékelték. Meghatározták a relatív testmértéket és néhány testarány indexet is. A tenyészetek összehasonlítását egytényezős varianciaanalízissel végezték. Az élősúly és a testmértékek között fenotípusos korrelációs értékeket határoztak meg. A testmértékek főátlagja a következő volt: élősúly 614,9 kg, bottal mért marmagasság 164,7 cm, szalaggal mért marmagasság 174,3 cm, hátközép-magasság 154,8 cm, farbúb-magasság 161,7 cm, mellkasmélység 77,8 cm, bielerpont-magasság 87,0 cm, törzshosszúság 171,7 cm, ferde törzshosszúság 175,2 cm, nyakhosszúság 91,8 cm, háthosszúság 91,6 cm, farhosszúság 56,8 cm, vállszélesség 45,1 cm, mellkasszélesség 49,1 cm, far I.- II.- III. szélesség 58,6–56,3–20,9 cm, övméret 198,3 cm, szárkörméret bal mellső- hátsó 21,1–23,5 cm, fejhosszúság 63,5 cm, homlokszélesség 24,0 cm. Számos tulajdonságban statisztikailag igazolható különbségeket találtak a tenyészetek között. Ez elsősorban abban nyilvánult meg, hogy a solti állomány méretei a legtöbb esetben elmaradtak a másik három tenyészetben mért adatoktól. A testmértékek szórás értékei 0,7–6,6 cm között, cv% értékei pedig 2,3–7,0% között változtak (kivétel a far III. szélesség). Az élősúllyal a legszorosabb korrelációt az övméret ($r = 0,83$; $p < 0,01$), a far II. szélesség ($r = 0,74$; $p < 0,01$) és a ferde törzshosszúság ($r = 0,63$; $p < 0,01$) mutatta. A fentiek alapján megállapítható, hogy a hazánkban tenyésztett, kifejlett nóniusz tenyészkanca állomány a testmértékek tekintetében meglehetősen egységesnek tűnik.

SUMMARY

Bene, Sz. – Giczi, A. – Nagy, B.: DATA TO THE BODY MEASUREMENTS AND LIVE WEIGHT OF BROOD MARES OF DIFFERENT BREEDS. 9th paper: THE NONIUS

Live weight and 21 body measurements of 109 adult brood mares from Nonius breed in 4 studs – Mezőhegyes, Mátá, Mány and Solt – were evaluated. Furthermore relative body measurements and some body measure indices were determined. One way ANOVA was used to compare the studs and to analyze the phenotypic correlation between the live weight and body measurements. The overall mean values of body measurements were as follows: live weight 614.9 kg, height at withers with stick 164.7 cm, height at withers with tape 174.3 cm, height of back 154.8 cm, height at rump 161.7 cm, depth of chest 77.8 cm, height of bieler-point 87.0 cm, length of body 171.7 cm, diagonal length of body 175.2 cm, upper neck measure 91.8 cm, length of back 91.6 cm, length of rump 56.8 cm, width of breast 45.1 cm, width of chest 49.1 cm, 1st, 2nd, 3rd width of rump 58.6–56.3–20.9 cm, heart girth 198.3 cm, cannon girth left front- rear 21.1–23.5 cm, length of head 63.5 cm, width of head 24.0 cm. Some differences between studs in evaluated body measurements were significant. It manifest itself therein, that the mares in stud of Solt were smaller, like there in other three studs. The standard deviation and cv% values of body measurements were between 0.7–6.6 cm and 2.3–7.0%, respectively (excluding 3rd width of rump). Between the live weight and circumference of chest ($r = 0.83$; $p < 0.01$), 2nd width of rump ($r = 0.74$; $p < 0.01$) and diagonal length of body ($r = 0.63$; $p < 0.01$) strong and positive correlation were found. As a conclusion it can say that the Nonius bred population in Hungary is relative quite, homogenous as for the most important body measurements.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A nóniusz fajta ősapja, a Franciaországból származó, a napóleoni háborúk idején zsákmányolt Nonius nevű mén 1816-tól működött a mezőhegyesi ménésben, ahol az arab vérről is átítatott, spanyol-nápolyi kancaállományból remek használati értékű utódokat produkált. Ivadékaival széles körű és eredményes rokonytszót folytattak, így viszonylag gyorsan kialakult a konszolidált nóniusz jelleg, ami a katonai szigorral megkövetelt tenyészcéljának megfelelően középhez hármas, és hámos típust testesített meg.

A beltenyésztés által kiváltott hibákat kiváló angol telivér ménekkel folytatott cseppvér-keresztéssel küszöbölték ki. A nóniusz kiválóan megfelelt az ország loállományának javítására is, értékét hazai és nemzetközi kiállítási sikerek sora jelzi. Gyors elterjedése és általános használata miatt hamar kialakultak tájfajtái – elsőként a mezőhegyesi és a hortobágyi – sziki –, melyek eltérő típusa máig megfigyelhető (*Nonius Lótenyésztő Országos Egyesület*, 2011).

A *Nóniusz Lófajta Tenyésztésének Szabályzata* (2008) szerint a tenyészkancák minősítése a származás-, a küllem- és a mozgásbírálat során történik. A küllemi bírálatot a „B” típusú bírálati lap szempontrendszere szerint végzik. Minden küllemi bírálatot testméret-felvételezés előz meg, melynek során a bottal és szalaggal mért marmagasságot, az övméretet, valamint a bal mellső lábon mért szárkörméretet a bírálati lapon rögzítik.

A minősítés során felvett 4 testméreten kívül rendkívül kevés információt találunk a nóniusz fajta élősúlyát és testméreteit illetően (*Döhrmann*, 1926; *Hámori*, 1946; *Schandl*, 1955; *Neuschulz*, 1956; *Bodó*, 1976; *Ócsag*, 1984; *Bodó és Hecker*, 1992; *Edwards*, 1995; *Mihók és mtsai*, 2001 stb. – e forrásmunkákat cikksorozatunk első részében (*Bene és mtsai*, 2009) összefoglaltuk, így azokat itt nem részletezzük). Ezen adatok és információk jelentős része még napjainkban is 50 éve íródott szak- és tankönyvekből származik.

A nemzetközi szakirodalomban a nóniusz fajta külleméről és testméreteiről nem találunk forrásmunkákat. Az anglo-normann fajtacsoport, illetve a nóniusz fajta nemesítésében szerepet kapó fajták (pl. angol telivér) testméreteiről, külleméről, illetve teljesítményéről már jóval több szakirodalmi hivatkozás áll rendelkezésre (*Hintz és mtsai*, 1978, 1979; *Hecker*, 1981; *Thompson és Smith*, 1994; *Molina és mtsai*, 1999; *Kavazis és Ott*, 2003; *Smith és mtsai*, 2006; *Ringler és Lawrence*, 2008 – ezen forrásmunkákat cikksorozatunk első részében (*Bene és mtsai*, 2009) szintén bemutattuk, így itt nem részletezzük).

A fentiek tükrében vizsgálatunk célja újabb adatok és információk gyűjtése volt a kifejlett nóniusz tenyészkancák élősúlyát és testméreteit illetően. Jelen munkánkban az abszolút és relatív testméreteket, a testarány indexeket, valamint a testméretek és az élősúly között számított fenotípusos korrelációs értékeket mutatjuk be.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során négy hazai nóniusz tenyészetben (Mezőhegyes, Hortobágy – Máta, Mátyás, Solt – Nagymajor) 109 kifejlett (4,5 évnél idősebb) tenyészkanca élősúlyát és 21 testméretét vettük fel, majd értékeltük ki.

A testméret-felvételezés hagyományos eszközökkel, mérőbottal, mérőszalaggal történt. Egy-egy testméretet minden esetben ugyanaz a személy vett fel (két ismétlésben, ha nagy különbség volt a két mérés között, akkor három ismétlésben), a mérések felvételének sorrendje kancánként nem azonos sorrendben történt. Az élősúlyt hordozható állatmérleg segítségével mértük, a mérési pontosság 500 kg felett ± 2 kg volt. A testméreteket, azok felvételének módját, a mérés menetét, valamint a mérési pontokat előző munkáinkban (*Bene és mtsai*, 2009; *Nagy és mtsai*, 2009) részletesen bemutattuk, így azokat itt nem részletezzük.

Mivel a méréskori életkornak az értékelt tulajdonságokra nem volt statisztikailag igazolható hatása, az élősúlyt és a testméreteket tenyészetenként egytényezős varianciaanalízissel (F-próba) hasonlítottuk össze. Azokban az esetekben, ahol az F-próba szignifikáns különbséget mutatott, a tenyészetek közti különbségek kimutatására – az eltérő létszámok miatt – Tukey tesztet használtunk.

Munkánk során kiszámítottuk a bottal mért marmagasság arányában megadott relatív testméreteket, valamint meghatároztunk néhány testarány indexet is. Ezek számítási módját szintén korábbi munkáinkban (*Bene és mtsai*, 2009) mutattuk be.

Az élősúly és a testméretek között fenotípusos korrelációs együtthatókat határoztunk meg.

Az adatok előkészítését Microsoft Excel 2003 programmal, az adatbázis kiértékelését pedig az SPSS 9.0 (1998) statisztikai programcsomaggal végeztük el.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEŚÜK

Az 1. táblázatban a kifejlett nóniusz tenyészkancák élősúlyát és magassági méreteit mutatjuk be. E tulajdonságokban számottevő különbségeket találtunk, a bielerpont-magasság kivételével valamennyi méret szignifikánsan különbözött a tenyészetek között. Ennek ellenére a szórás és cv % értékek az élősúly ($s = 50,55$ kg, $cv \% = 8,22\%$), de különösen a testméretek esetén ($s = 0,71 - 6,65$ cm, $cv \% = 2,30 - 7,00\%$) viszonylag kicsik voltak.

Vizsgálatunk eredménye alapján a kifejlett nóniusz tenyészkancák élősúlya 614,9 kg volt. A legkisebb élősúlyú kanca 486 kg, míg a legnagyobb 736 kg élősúlyt mutatott. A kapott eredmény kis mértékben nagyobb annál, mint amit *Schandl* (1955), valamint *Ócsag és Fehér* (1976) a nóniusz fajta jellemzésében írt.

A bottal mért marmagasság 164,7 cm (156 – 174 cm között), a szalaggal mért marmagasság pedig 174,3 cm (161 – 182 cm között) értékeket mutatott. A szakirodalomban fellelhető adatok (*Hátori*, 1946; *Schandl*, 1955; *Ócsag és Fehér*, 1976; *Ócsag*, 1984; *Bodó és Hecker*, 1992 stb.) 150 – 182 cm közöttiek. Ezekből megállapítható, hogy a munkánk során mért marmagassági értékek hasonlóak a szakirodalomban fellelhető adatokhoz. A bottal és szalaggal mért marmagasság között a különbség 9,6 cm volt. Ez az eredmény szintén hasonló a szakirodalomban fellelhető 6–14 cm-es (*Tátray*, 1918) értékekhez. A hátközép magasság $154,8 \pm 4,01$ cm, a farbúbmagasság pedig $161,7 \pm 4,24$ cm volt. A mellkasmélység $77,8 \pm 2,09$ cm, a bielerpont-magasság pedig $87,0 \pm 2,93$ cm értéket mutatott, ami kis mértékben nagyobb annál, mint amit a szakirodalmi forrásokban (*Schandl*, 1955) találtunk.

1. táblázat

A kifejlett nóniusz tenyészkancák élősúlya és magassági méretei

Testméret (1)	Tenyészet (2)				Össze- sen (3)	P
	Mező- hegyes	Máta	Mány	Solt		
Létszám (N) (4)	34	45	9	21	109	
Élősúly (kg) (5)	607,7 ^a	635,8 ^b	612,7 ^{abc}	576,7 ^c	614,9	p≤0,01 (p=0,000)
- szórás (6)	50,29	45,10	24,17	50,38	50,55	
- cv%	8,28	7,09	3,94	8,74	8,22	
- Min. – Max.	486–694	526–736	572–646	506–680	486–736	
Marmagasság bottal (cm) (7)	165,2 ^a	165,3 ^a	165,9 ^a	162,0 ^b	164,7	p<0,01 (p=0,004)
- szórás (6)	4,01	3,46	3,12	3,42	3,80	
- cv%	2,43	2,09	1,88	2,11	2,31	
- Min. – Max.	156–174	156–173	161–170	157–168	156–174	
Marmagasság szalaggal (cm) (8)	175,6 ^a	175,0 ^a	175,0 ^a	170,6 ^b	174,3	p<0,01 (p=0,000)
- szórás (6)	4,21	3,75	2,65	4,55	4,34	
- cv%	2,40	2,14	1,51	2,67	2,49	
- Min. – Max.	164–182	164–182	170–179	161–179	161–182	
Hátközép-magasság (cm) (9)	155,9 ^a	155,2 ^a	155,7 ^a	151,1 ^b	154,8	p<0,01 (p=0,000)
- szórás (6)	4,02	2,93	4,09	4,41	4,01	
- cv%	2,58	1,89	2,62	2,92	2,59	
- Min. – Max.	146–164	148–162	149–161	142–158	142–164	
Farbúb-magasság (cm) (10)	163,6 ^a	161,9 ^b	161,9 ^{ab}	157,6 ^c	161,7	p<0,01 (p=0,000)
- szórás (6)	4,65	2,99	3,10	4,06	4,24	
- cv%	2,84	1,85	1,92	2,58	2,62	
- Min. – Max.	155–174	153–169	158–168	150–163	150–174	
Mellkasmélység (cm) (11)	78,2 ^a	78,2 ^a	77,6 ^{ab}	76,1 ^b	77,8	p<0,01 (p=0,001)
- szórás (6)	1,98	2,04	1,29	2,00	2,09	
- cv%	2,54	2,60	1,66	2,63	2,69	
- Min. – Max.	75-81	73-83	75-79	72-79	72-83	
Bielerpont-magasság (cm) (12)	87,1	87,1	88,4	85,7	87,0	NS (p=0,139)
- szórás (6)	3,26	2,71	3,27	2,41	2,93	
- cv%	3,74	3,11	3,70	2,82	3,37	
- Min. – Max.	80-93	82-94	82-93	82-90	80-94	

az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan ($p<0,05$) különböznek (13)

Table 1. Live weight and height measurements of brood mares from Nonius breed
body measurement (1); stud (2); total (3); number of animals (4); live weight (5); standard deviation (6); height at withers (stick) (7); height at withers (tape) (8); height of back (9); height at rump (10); depth of chest (11); height of bieler-point (12); treatments without the same superscript differ significantly ($p<0.05$) (13)

2. táblázat

A kifejlett nőiúsz tenyészkancák hosszúsági- és fejméretei

Testméret (1)	Tenyészet (2)				Össze- sen (3)	p
	Mező- hegyes	Máta	Mány	Solt		
Létszám (N) (4)	34	45	9	21	110	
Törzhosszúság (cm) (5)	169,7	173,0	172,9	171,8	171,7	NS (p=0,116)
- szórás (6)	5,76	6,51	4,64	5,69	6,10	
- cv%	3,39	3,76	2,69	3,31	3,55	
- Min. – Max.	156–180	159–191	168–179	162–184	156–191	
Ferde törzs-hosszúság (cm) (7)	173,4	176,5	176,3	174,8	175,2	NS (p=0,139)
- szórás (6)	5,86	6,31	4,43	5,90	6,05	
- cv%	3,38	3,57	2,51	3,37	3,45	
- Min. – Max.	160–184	164–193	171–183	164–187	160–193	
Nyakhosszúság (cm) (8)	92,6 ^a	92,9 ^{ab}	96,0 ^b	85,9 ^c	91,8	p<0,01 (p=0,000)
- szórás (6)	4,57	3,85	7,71	3,50	5,27	
- cv%	4,94	4,15	8,04	4,08	5,74	
- Min. – Max.	85–103	86–102	86–109	80–91	80–109	
Háthosszúság (cm) (9)	92,8	91,6	92,1	89,5	91,6	NS (p=0,079)
- szórás (6)	4,26	4,23	4,42	4,15	4,32	
- cv%	4,60	4,62	4,80	4,63	4,72	
- Min. – Max.	84–104	83–103	85–99	82–96	82–104	
Farhosszúság (cm) (10)	58,4 ^a	56,2 ^b	55,6 ^b	55,9 ^b	56,8	p<0,01 (p=0,001)
- szórás (6)	2,81	2,19	4,00	2,50	2,80	
- cv%	4,82	3,90	7,19	4,47	4,93	
- Min. – Max.	51–63	50–60	47–59	52–62	47–63	
Fejhosszúság (cm) (11)	63,3 ^a	63,6 ^a	65,9 ^b	62,4 ^a	63,5	p<0,01 (p=0,006)
- szórás (6)	2,21	2,47	2,47	2,25	2,47	
- cv%	3,49	3,88	3,75	3,61	3,89	
- Min. – Max.	59–69	58–70	62–69	59–68	58–70	
Homlokszélesség (cm) (12)	24,1	24,0	24,6	23,8	24,0	NS (p=0,052)
- szórás (6)	0,75	0,59	0,73	0,81	0,71	
- cv%	3,12	2,45	2,96	3,39	2,96	
- Min. – Max.	23–26	23–26	23–26	23–25	23–26	

az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan (p<0,05) különböznek (13)

Table 2. Length and head measurements of brood mares from Nonius breed as in Table 1. (1-4); length of body (5); standard deviation (6); diagonal length of body (7); length of neck (8); length of back (9); length of rump (10); length of head (11); width of head (12); treatments without the same superscript differ significantly (p<0.05) (13)

Az élősúly és a magassági méretek esetén elmondható, hogy valamennyi vizsgált tulajdonság esetén a solti tenyészkancákat találtuk – statisztikailag igazolhatóan – a legkisebbnek. Ezeknél a másik három tenyészetben – Mezőhegyes, Mátá, Mány – lévő egyedek nagyobbak voltak, azonban azok egymástól szignifikánsan nem különböztek.

A 2. táblázatban a hosszúsági- és fejméreteket tüntettük fel. Statisztikailag igazolható különbséget a tenyészetek között csak nyak-, far-, valamint fejhosszúságban találtunk.

A nőiusz kancák törzhosszúságának átlaga 171,7 cm, annak szórása pedig 6,10 cm volt. Eredményeink nagyobbak a szakirodalomban (152 – 165 cm – Schandl, 1955; Ócsag és Fehér, 1976) közölt értékeknél. A ferde törzhosszúság 175,2±6,05 cm értéket mutatott, 160 – 193 cm szélső értékekkel. A törzhosszúság és a ferde törzhosszúság között 3,5 cm különbséget találtunk, mely kisebb a gyakorlatban elfogadott (10 – 12 cm-es) értékeknél. A két hosszúsági méret különbsége a mezőhegyesi tenyészetben volt a legnagyobb (3,7 cm).

A nyakhosszúság tekintetében a solti kancák szignifikánsan kisebb méretet (85,9 cm) mutattak, mint a másik három tenyészetben – Mezőhegyesen 92,6 cm, Mátán 92,9 cm, Mányott 96,0 cm – mért egyedek. E testméretben a két szélsőérték (80 – 109 cm) közti különbség 29 cm volt, a törzhosszúsághoz hasonlóan itt találtuk a legnagyobb eltérést (*range*) a legkisebb és legnagyobb értékek között.

A háthosszúság 91,6 cm, a farhosszúság átlaga pedig 56,8 cm volt. A mátai (56,2 cm), a mányi (55,6 cm) és a solti (55,9 cm) kancák a farhosszúság tekintetében egymástól nem különböztek, viszont statisztikailag igazolhatóan kisebbek voltak annál, mint amit a mezőhegyesi (58,4 cm) tenyészetben tapasztaltunk.

A fejhosszúság és a homlokszélesség mind a négy tenyészetben hasonlóan alakult (63,5±2,47 cm, ill. 24,0±0,71 cm).

A 3. táblázatban a szélességi- és körméretek láthatók. Ezek a kondíciótól nagyobb mértékben függhetnek, mint az előzőekben bemutatottak. Ebben a méretcsoportban valamennyi testméret esetén is szignifikáns különbségeket találtunk a tenyészetek között.

A vállszélesség tekintetében a solti (43,1 cm) és mezőhegyesi (43,8 cm) kancák szignifikánsan kisebb értéket mutattak, mint a másik két tenyészetben lévők (Mátá 46,8 cm, Mány 45,8 cm). Hasonló volt megfigyelhető a mellkasszélesség esetén is, a solti egyedek ebben a méretben kisebbek voltak, mint a másik három tenyészetben tartott kancák. A vállszélesség és mellkasszélesség főátlaga és szórása 45,1±2,82 cm, ill. 49,1±3,46 cm volt. A far I. szélesség tekintetében csupán 3,5 cm volt a különbség a legkisebb méretet mutató solti (57,7 cm) és a legnagyobb mányi (61,2 cm) ménes között. A far II. és far III. szélességben szintén a solti egyedeknél tapasztaltuk a legkisebb méreteket.

Az övméret esetén a mátai kancák mutatták a legnagyobb értéket (201,2 cm), néhány centiméterrel felülmúlva a mezőhegyesi (198,8 cm) és a mányi (196,8 cm) egyedeket. A solti kancák (191,8 cm) e méret tekintetében is szignifikánsan kisebbek voltak, mint a másik három tenyészetben lévők. Az övméret főátlaga és szórása 198,3±6,65 cm volt. Az övméretre kapott eredményünk hasonló a Döhrmann (1926), Hámori (1946), Schandl (1955), Ócsag és Fehér (1976), Ócsag (1984), Bodó és Hecker (1992), valamint Mihók és mtsai (2001) által közölt értékekhez, akik a nőiusz kancák övméretét 180 – 210 cm közöttinek becsülték.

3. táblázat

A kifejlett nőiusz tenyészkancák szélességi- és körméretei

Testméret (1)	Tenyészet (2)				Össze- sen (3)	p
	Mező- hegyes	Máta	Mány	Solt		
Létszám (N) (4)	34	45	9	21	109	
Vállszélesség (cm) (5)	43,8 ^a	46,8 ^b	45,8 ^b	43,1 ^a	45,1	
- szórás (6)	2,72	1,89	2,11	2,89	2,82	p<0,01 (p=0,000)
- cv%	6,21	4,05	4,61	6,71	6,24	
- Min. – Max.	40-50	43-51	43-49	39-48	39-51	
Mellkasszélesség (cm) (7)	49,2 ^a	50,2 ^a	48,4 ^{ab}	46,9 ^b	49,1	
- szórás (6)	3,22	3,28	2,99	3,64	3,46	p<0,01 (p=0,006)
- cv%	6,56	6,53	6,17	7,77	7,04	
- Min. – Max.	44-56	45-59	43-52	41-56	41-59	
Far I. szélesség (cm) (8)	58,8 ^a	58,2 ^a	61,2 ^b	57,7 ^a	58,6	
- szórás (6)	1,94	2,27	1,77	2,18	2,28	p<0,01 (p=0,001)
- cv%	3,30	3,91	2,89	3,78	3,89	
- Min. – Max.	55-62	52-62	58-64	54-62	52-64	
Far II. szélesség (cm) (9)	55,8 ^a	56,9 ^b	57,7 ^b	55,1 ^a	56,3	
- szórás (6)	1,86	1,85	1,87	2,50	2,12	p<0,01 (p=0,001)
- cv%	3,34	3,26	3,24	4,53	3,77	
- Min. – Max.	52-59	52-61	54-61	49-59	49-61	
Far III. szélesség (cm) (10)	23,1 ^a	20,1 ^b	19,2 ^b	19,5 ^b	20,9	
- szórás (6)	1,48	1,06	1,19	1,30	2,02	p<0,01 (p=0,000)
- cv%	6,42	5,30	6,17	6,67	9,68	
- Min. – Max.	20-26	19-23	18-22	18-23	18-26	
Övméret (cm) (11)	198,8 ^{ab}	201,2 ^a	196,8 ^b	191,8 ^c	198,3	
- szórás (6)	6,29	5,64	3,79	5,86	6,65	p<0,01 (p=0,000)
- cv%	3,16	2,80	1,93	3,06	3,35	
- Min. – Max.	184-209	191-219	190-201	181-200	181-219	
Szárkörméret (bal első) (cm) (12)	21,1 ^a	21,3 ^a	21,4 ^a	20,6 ^b	21,1	
- szórás (6)	0,81	0,72	0,63	0,85	0,81	p<0,01 (p=0,009)
- cv%	3,86	3,41	2,97	4,11	3,83	
- Min. – Max.	18,8-22,8	19,4-22,8	20,4-22,5	19-22,6	18,8-22,8	
Szárkörméret (bal hátsó) (cm) (13)	23,6 ^a	23,5 ^a	24,5 ^b	23,1 ^a	23,5	
- szórás (6)	0,97	1,02	0,98	0,98	1,03	p<0,05 (p=0,027)
- cv%	4,10	4,35	4,02	4,25	4,37	
- Min. – Max.	20,9-25,5	21,8-25,5	23,0-25,9	20,9-24,4	20,9-25,9	

az azonos betűt nem tartalmazók egymástól szignifikánsan (p<0,05) különböznek (14)

Table 3. Width and circumference measurements of brood mares from Nonius breed as in Table 1. (1-4); width of breast (5); standard deviation (6); width of chest (7); 1st width of rump (8); 2nd width of rump (9); 3rd width of rump (10); hearth girth (11); cannon girth (front left) (12); cannon girth (rear left) (13); treatments without the same superscript differ significantly (p<0.05) (14)

Szárkörméretben is statisztikailag igazolható különbséget találtunk a tenyészetek között. Mind a mellső, mind a hátsó lábon mért értékek a solti ménesben voltak a legkisebbek. A bal mellső lábon mért érték főátlaga $21,1 \pm 0,81$ (cv% = 3,83%), a bal hátsó lábon mért érték főátlaga pedig $23,5 \pm 1,03$ cm (cv% = 4,37%) volt. A szárkörméretre kapott eredményeink hasonlóak, *Schandl* (1955), *Ócsag és Fehér* (1976), *Ócsag* (1984), *Bodó és Hecker* (1992), valamint *Mihók és mtsai* (2001) által közölt értékekhez.

A 4. táblázatban az egymással anatómiailag összefüggő testrészek arányát kifejező testalkati, testalakulási indexek találhatók. A nemzetközi szakirodalomban a testarány indexekre vonatkozó adatokat az angol félvér, illetve anglo-normann fajtacsoportba tartozó lovak esetén nem találtunk.

A kvadratikussági index (95,9) és a tömegességi index (47,2) mind a négy tenyészetben hasonlóan alakult. Korábbi munkáinkban a gidrán (*Nagy és mtsai*, 2009) és az angol telivér (*Nagy és mtsai*, 2011) fenti indexei ezekhez hasonlóak voltak. A súlyindex (154,1) azonban nagyobb volt a gidrán és az angol telivér fajtákban tapasztalt értékeknél. A zömökségi index (113,2) és a mellkas index (22,8) hasonló volt ahhoz, mint amit *McManus és mtsai* (2005) campeiro fajtájú kancákban mértek. A túlnőttiségi index 98,1 a szerkezeti index 2,4 értékű volt. A test index 86,6% értéket mutatott. *Cabral és mtsai* (2004) szerint ha ez az érték 85 – 88% közé esik, akkor a ló arányos.

4. táblázat

A kifejtett nóniusz tenyészkancák testarány indexei

Testarány index (1)	Tenyészet (2)				Összesen (3)
	Mező-hegyes	Máta	Mány	Solt	
Kvadratikussági index (4)	97,4	95,5	96,0	94,3	95,9
Tömegességi index (5)	47,3	47,3	46,7	47,0	47,2
Röhrer-f. testtömegindex (6)	367,8	384,6	369,2	356,0	373,3
Súlyindex (6)	153,7	156,4	152,7	150,2	154,1
Túlnőttiségi index (8)	99,0	97,9	97,6	97,3	98,1
Fejforma index (9)	262,3	265,3	268,3	262,3	264,1
Zömökségi index (10)	114,7	113,9	111,6	109,7	113,2
Test index (11)	85,3	86,0	87,9	89,6	86,6
Mellkas index (12)	22,0	23,2	23,3	22,5	22,8
Szerkezeti index (13)	2,4	2,4	2,3	2,3	2,4
„Spannung”	33,6	35,8	30,8	29,8	33,6

Table 4. The body measure indices of brood mares from Nonius breed
name of body measurement index (1); stud (2); total (3); quadratic index (4); weight index (5); weight index by Röhrer (6); caliber index (7); overbuilt index (8); the index of head (9); stubby index (10); body index (11); chest index (12); conformation index (13)

A bottal mért marmagasság százalékában kifejezett, relatív testméreteket – mintegy tájékoztató jelleggel – az 5. táblázatban mutatjuk be.

A relatív méretek között – a relatív élősúly kivételével – számottevő különbséget egyik testméret esetén sem tapasztaltunk. A tenyészetek közti különbségek az abszolút értékben mért értékeknél is kisebbek voltak.

5. táblázat

A kifejlett nőiusz tenyészkanak relatív testméretei*

Relatív testméret (kg/cm, ill. %) (1)	Tenyészet (2)				Összesen (3)
	Mező- hegyes	Máta	Mány	Solt	
Élősúly (4)	367,8	384,6	369,3	356,0	373,3
Marmagasság szalaggal (5)	106,3	105,9	105,5	105,3	105,9
Hátközép-magasság (6)	94,4	93,9	93,9	93,3	94,0
Farbúb-magasság (7)	99,0	97,9	97,6	97,3	98,2
Mellkasmélység (8)	47,3	47,3	46,7	47,0	47,2
Bielerpont-magasság (9)	52,7	52,7	53,3	52,9	52,8
Törzhosszúság (10)	102,7	104,7	104,2	106,0	104,3
Ferde törzs-hosszúság (11)	104,9	106,8	106,2	107,9	106,4
Nyakhosszúság (12)	56,1	56,2	57,9	53,1	55,7
Háthosszúság (13)	56,1	55,4	55,5	55,2	55,6
Farhosszúság (14)	35,3	34,0	33,5	34,5	34,5
Vállszélesség (15)	26,5	28,3	27,6	26,6	27,4
Mellkasszélesség (16)	29,8	30,3	29,2	28,9	29,8
Far I. szélesség (17)	35,6	35,2	36,9	35,6	35,6
Far II. szélesség (18)	33,8	34,4	34,8	34,0	34,2
Far III. szélesség (19)	14,0	12,1	11,6	12,1	12,7
Övméret (20)	120,4	121,7	118,6	118,4	120,4
Szárkörméret (bal első) (21)	12,8	12,9	12,9	12,7	12,8
Szárkörméret (bal hátsó) (22)	14,3	14,2	14,8	14,2	14,3
Felhosszúság (23)	38,3	38,5	39,7	38,5	38,6
Homlokszélesség (24)	14,6	14,5	14,8	14,7	14,6

* a bottal mért marmagasság százalékában (25)

Table 5. Relative body measurements of brood mares from Nonius breed as in Table 1. (1-3); live weight (4); height at withers (tape) (5); height of back (6); height at rump (7); depth of chest (8); height of bieler-point (9); length of body (10); diagonal length of body (11); length of neck, back, rump (12; 13; 14); width of breast, chest (15; 16); 1st, 2nd, 3rd width of rump (17; 18; 19); hearth girth (20); cannon girth (front – rear) (21; 22); length of head (23); width of head (24); in percentage of height at withers (stick) (25)

A 6. táblázatban az élősúly és a különböző testméretek között számolt korrelációs értékeket tüntettük fel. Az élősúly a legtöbb testmérettel szignifikáns kapcsolatot mutatott. A legszorosabb korrelációt várározásainknak megfelelően az

Az élő súly és a testméretek közti korrelációk

	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	0,50*	0,63*	0,37*	0,35*	0,58*	0,24 [#]	0,62*	0,63*	0,43*	0,36*	0,38*	0,67*	0,64*	0,52*	0,74*	0,24 [#]	0,83*	0,61*	0,61*
1		0,82*	0,83*	0,76*	0,66*	0,84*	0,40*	0,42*	0,43*	0,46*	0,41*	0,37*	0,22 [#]	0,45*	0,48*	0,33*	0,48*	0,67*	0,66*
2			0,81*	0,72*	0,61*	0,65*	0,39*	0,41*	0,50*	0,50*	0,45*	0,36*	0,32*	0,51*	0,48*	0,35*	0,61*	0,67*	0,67*
3				0,82*	0,50*	0,73*	0,20 [#]	0,23 [#]	0,40*	0,38*	0,38*	0,19	0,15	0,44*	0,35*	0,35*	0,39*	0,59*	0,51*
4					0,43*	0,69*	0,18	0,20 [#]	0,46*	0,43*	0,40*	0,20 [#]	0,10	0,31*	0,23 [#]	0,40*	0,35*	0,58*	0,51*
5						0,15	0,44*	0,45*	0,33*	0,29*	0,29*	0,48*	0,33*	0,44*	0,58*	0,31*	0,66*	0,57*	0,56*
6							0,21 [#]	0,23 [#]	0,33*	0,39*	0,33*	0,14	0,06	0,27*	0,22 [#]	0,22	0,16	0,47*	0,48*
7								0,99*	0,21 [#]	0,35*	0,18	0,38*	0,22 [#]	0,33*	0,52*	-0,04	0,45*	0,50*	0,57*
8									0,24 [#]	0,37*	0,20	0,38*	0,23 [#]	0,34*	0,53*	-0,01	0,46*	0,52*	0,57*
9										0,42*	0,34*	0,35*	0,24 [#]	0,33*	0,46*	0,31*	0,40*	0,44*	0,43*
10											0,30*	0,09	0,03	0,27*	0,35*	0,36*	0,25 [#]	0,49*	0,47*
11												0,07	0,25 [#]	0,35*	0,25 [#]	0,48*	0,37*	0,32*	0,38*
12													0,55*	0,22 [#]	0,53*	-0,04	0,68*	0,42*	0,44*
13														0,38*	0,51*	0,23 [#]	0,71*	0,28*	0,23 [#]
14															0,64*	0,23 [#]	0,44*	0,53*	0,53*
15																0,08	0,68*	0,58*	0,57*
16																	0,28 [#]	0,23 [#]	0,17
17																		0,52*	0,51*
18																			0,76*

#p<0,05; *p<0,01

*marmagasság bottal (1); marmagasság szalaggal (2); hátközép-magasság (3); farbúb-magasság (4); mellkasmélység (5); bielerpont-magasság (6); törzshosszúság (7); ferde törzshosszúság (8); nyakhosszúság (9); háthosszúság (10); farhosszúság (11); vállszélesség (12); mellkasszélesség (13); far I. szélesség (14); far II. szélesség (15); far III. szélesség (16); övméret (17); szárkörméret (bal első) (18); szárkörméret (bal hátsó) (19); élő súly (20)

Table 6. Correlations between live weight and body measurements

height at withers (stick) (1); height at withers (tape) (2); height of back (3); height at rump (4); depth of chest (5); height of bieler-point (6); length of body (7); diagonal length of body (8); length of neck (9); length of back (10); length of rump (11); width of breast (12); width of chest (13); 1st width of rump (14); 2nd width of rump (15); 3rd width of rump (16); hearth girth (17); cannon girth (front, left) (18); cannon girth (rear left) (19); live weight (20)

övméret ($r = 0,83$; $p < 0,01$), a szalaggal mért marmagasság ($r = 0,63$; $p < 0,01$), a II. farszélesség ($r = 0,74$; $p < 0,01$), valamint a törzshosszúság és a ferde törzshosszúság ($r = 0,62$, ill. $r = 0,63$; $p < 0,01$) esetén találtuk. E testméretek – különösen az övméret, a far II. szélesség és a ferde törzshosszúság – kiváló mutatói az állat kondicionális állapotának, így az élősúlyt nagyobb mértékben befolyásolhatják, mint azok a testméretek, amelyeket a csontváz különböző pontjai között veszünk fel (pl. far I. szélesség, marmagasság, nyakhosszúság stb.).

Az övméret a mellkasszélességgel ($r = 0,71$; $p < 0,01$), a vállszélességgel ($r = 0,68$; $p < 0,01$) és a mellkasmélységgel ($r = 0,66$; $p < 0,01$) közepes szorosságú szignifikáns kapcsolatot mutatott.

A magassági méretek – nevezetesen a bottal és szalaggal mért marmagasság, a hátközép-magasság és a farbúb-magasság – egymással szoros pozitív ($r = 0,72 - 0,82$; $p < 0,01$) kapcsolatban álltak.

A 7. táblázatban az általunk kapott eredményeket a *Nóniusz Lófajta Tenyésztésének Szabályzata* (2008) 6.§-ában lévő adatokkal hasonlítjuk össze.

7. táblázat

Az eredmények összehasonlítása Ócsag (1984) és a tenyésztési szabályzat adataival

enyészet (1)	Bottal mért marmagasság (cm) (2)	Szalaggal mért marmagasság (cm) (3)	Övméret (cm) (4)	Bal mellső szárkörméret (cm) (5)
Szabályzat (6)	155 – 165 ($\pm 5'$)	167 – 180 ($\pm 5'$)	180 – 210 ($\pm 5'$)	21 – 23 ($\pm 1'$)
Nóniusz 1930-ban (Ócsag, 1984)	–	171,0	203,0	21,0
Nóniusz (Ócsag, 1984)	156,0-167,0	–	180,0	19,0-20,0
Sziki nóniusz (Ócsag, 1984)	–	169,0	187,0	20,5
Romániai nóniusz (Ócsag, 1984)	160,7	–	188,2	20,7
Mezőhegyes	165,2 (156–174)	175,6 (164–182)	198,8 (184–209)	21,1 (18,8–22,8)
Mátar	165,3 (156–173)	175,0 (164–182)	201,2 (191–219)	21,3 (19,4–22,8)
Mány	165,9 (161–170)	175,0 (170–179)	196,8 (190–201)	21,4 (20,4–22,5)
Solt	162,0 (157–168)	170,6 (161–179)	191,8 (181–200)	20,6 (19,0–22,6)
Összesen (7)	164,7 (156–174)	174,3 (161–182)	198,3 (181–219)	21,1 (18,8–22,8)

*még elfogadható (8)

Table 7. Comparison the results with data of Ócsag (1984) and breeding regulation stud (1); height at withers (stick) (2); height at withers (tape) (3); heart girth (4); cannon girth (front left) (5); regulation (6); total (7); still acceptable (8)

Vizsgálatunkban eredményei szerint a bottal mért marmagasság 164,7 cm, a szalaggal mért marmagasság 174,3 cm, az övméret 198,3 cm, a szárkörméret a bal mellső lábon pedig 21,1 cm volt. Az általunk mért értékek valamennyi tenyészet esetén – így a szignifikánsan kisebb testméreteket mutató solti kancák esetén is – megfeleltek a szabályzat előírásainak. Valamennyi általunk mért adat hasonló, illetve kis mértékben nagyobb az *Ócsag* (1984) által közölt értékeknél.

A vizsgált 109 nóniusz tenyészkanca közül 66 (60,55%) fekete, 8 (7,34%) nyári fekete, 28 (25,69%) sötét pej és pej, illetve 7 (6,42%) gesztenye pej volt.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Négy hazai tenyészetben – Mezőhegyes, Máta, Mány, Solt –, 109 kifejlett nóniusz tenyészkanca élősúlyának és 21 testméreteinek felvétele, valamint kiértékelése során kapott eredményeink részben az eddigi információkhoz hasonlóan, részben azoktól eltérően alakultak. Nevezetesen a bottal mért marmagasság, az övméret, valamint a szárkörméret – mint a gyakorlatban leggyakrabban mért testméretek – a szakirodalomban fellelhető értékekhez hasonlóak voltak. A törzshosszúság és az élősúly azonban nagyobb volt azoknál az adatoknál, amiket a forrásmunkákban találtunk.

A tenyészetek között statisztikailag igazolható különbségeket találtunk a vizsgált tulajdonságokban. E különбözőség forrása elsősorban a solti állomány volt, ahol számos tulajdonság esetében kisebb értékeket tapasztaltunk, mint a másik három tenyészetben. A mezőhegyesi, mátai és mányi kancák között nem találtunk számottevő eltéréseket. Megállapíthatjuk, hogy Solton a nóniusz egy kisebb rájájú típusát tenyésztik, amire sokkal inkább ráillik a „sziki nóniusz” elnevezés, mint a Mátán tenyésztett egyedekre. Mindemellett megjegyezzük, hogy mind a négy tenyészet adatai megfeleltek a *Nóniusz Lófajta Tenyésztésének Szabályzata* (2008) előírásainak.

Az élősúllyal a legszorosabb kapcsolatot ($r = 0,62 - 0,83$; $p < 0,01$) a kondícióval, tápláltsági állapottal összefüggő testméretek (szalaggal mért marmagasság, ferde törzshosszúság, far II. szélesség, övméret) mutatták.

A testméretek szórás értékei 0,7 – 6,1 cm között, cv % értékei pedig 2,3 – 7,0% között változtak (kivétel a far III. szélesség). A legfontosabb testarány indexekben valamint a – bottal mért marmagasság százalékában számított – relatív testméretekben nem találtunk számottevő különbséget a tenyészetek között.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a hazánkban tenyésztett, kifejlett nóniusz tenyészkanca állományt a testméretek tekintetében egységesség, hasonlóság jellemzi.

A gyakorlatban leggyakrabban használt három testméreten – bottal mért marmagasság, szárkörméret, övméret – kívül nagyon kevés a fellelhető információ a hazai szakirodalomban a nóniusz tenyészkanca abszolút és relatív testméreteit, valamint testarány indexeit illetően. E tekintetben jelen vizsgálatunk eredményei adatokat szolgáltathatnak a kifejlett nóniusz tenyészkanca küllemének, testméreteinek pontosabb megítéléséhez, ezáltal megteremtve a lehetőséget a más fajtákkal történő, objektív küllemi összehasonlításra. Emellett az általunk mért adatok figyelembe vétele ajánlható a fajtastandard kialakításánál, kiegészítésénél is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk megköszönni a nóniusz tenyészetek és tenyésztők, nevezetesen *Papp István Tibor* (Mezőhegyesi Állami Ménes Lótenyésztő és Értékesítő Kft., Mezőhegyes), *Zilahy István* (Nóniusz Lótenyésztő Országos Egyesület, Hortobágy – Mátá), *Bokodi Sándor és ifj. Bokodi Sándor* (Magán tenyésztő, Mány – Gombás), valamint *Dr. Pétervári Zoltán és Dávid János* (Állampusztai Mezőgazdasági és Kereskedelmi Kft., Solt – Nagymajor) munkáját, akik készségesen segítettek a testméret-felvételezések megszervezésében, a mérés lebonyolításában, valamint a törzskönyvi adatok összegyűjtésében.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Bene Sz. – Nagy B. – Szabó F.* (2009): Különböző fajtájú tenyészkanccák élősúlya és testméretei. 1. közlemény: Irodalmi áttekintés. Állattenyésztés és Takarmányozás, 58. 213–230.
- Bodó I.* (1976): A teljesítmény örökölhetősége a lótenyésztésben. Kandidátusi disszertáció, Budapest.
- Bodó I. – Hecker W.* (1992): Lótenyésztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 123–167.
- Cabral, G.C. – de Almeida, F.Q. – Quirino, C.R. – de Azevedo, P.C.N. – Batista Pinto, L.F. – Santos, E.M.* (2004): Avaliação morfológica de equinos da raça Mangalarga Marchador: índices de conformação e proporções corporais. R. Bras. Zootec., 33. 1798–1805.
- Döhrmann H.* (1926): Magyarország állattenyésztése. II. kötet: Lótenyésztés. "Patria" Irodalmi Vállalat és Nyomdai Rt., Budapest. 23–33.
- Edwards, E.H.* (1995): Lovak. Panemex-Grafó Kft., Budapest. 140–144.
- Hármori D.* (1946): Lótenyésztés. Atheneum Kiadó, Budapest. 143–172.
- Hecker W.* (1981): Vergleichende Untersuchungen zur Genealogie und Rennleistung der Population des Englischen Vollblutpferdes des DDR und der Ungarischen Volksrepublik unter dem Aspekt der Vertiefung der züchterischen Zusammenarbeit. Doktorai értekezés, Lipcse – Budapest.
- Hintz, H.F. – Hintz, R.L. – Van Vleck, L.D.* (1978): Estimation of heritabilities for weight, height and front cannon bone circumference of thoroughbreds. J. Anim. Sci., 47. 1243–1245.
- Hintz, H.F. – Hintz, R.L. – Van Vleck, L.D.* (1979): Growth rate of Thoroughbreds. Effects of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. J. Anim. Sci., 48. 480–487.
- Kavazis, A.N. – Ott, E.A.* (2003): Growth rates in Thoroughbred horses raised in Florida. J. Equine Vet. Sci., 23. 353–357.
- McManus, C. – Falcão, R.A. – Spritze, A. – Costa, D. – Louvandini, H. – Dias, L.T. – Teixeira, R.A. – de Mello Rezende, M. J. – Garcia, J. A. S.* (2005): Caracterização morfológica de equinos da raça Campeiro. R. Bras. Zootec., 34. 1553–1562.
- Mihók S. – Pataki B. – Kalm, E. – Ernst J.* (2001): Gazdasági állataink – Fajtan. Ló és számár. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 23–25., 54., 85–103., 206.
- Molina, A. – Valera, M. – Dos Santos, R. – Roderó, A.* (1999): Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. Liv. Sci., 60. 295–303.
- Nagy B. – Bene Sz. – Bem J. – Fördös A. – Szabó F.* (2009): Különböző fajtájú tenyészkanccák élősúlya és testméretei. 2. közlemény: A gidrán. Állattenyésztés és Takarmányozás, 58. 327–340.
- Nagy Zs. – Nagy B. – Kiss B. – Zsuppán Zs. – Szabó F. – Bene Sz.* (2011): Különböző fajtájú tenyészkanccák élősúlya és testméretei. 4. közlemény: Az angol telivér. Állattenyésztés és Takarmányozás, 60.2.135–150.
- Neuschulz, H.* (1956): Pferdezucht (Haltung und Sport). Deutscher Bauernverlag, Berlin. 25–172.
- Nóniusz Lófajta Tenyésztésének Szabályzata* (2008), http://www.noniuszegyesulet.hu/letoltes-tenyesztesi_szabalyzat.pdf
- Nóniusz Lótenyésztő Országos Egyesület* (2011): A nóniusz fajta. <http://www.noniuszegyesulet.hu>
- Ócsag I. – Fehér D.* (1976): Lótenyésztés. In: *Horn A. /szerk./: Állattenyésztés II. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*
- Ócsag I.* (1984): A nóniusz. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Ringler, J.E. – Lawrence, L. M.* (2008): Comparison of Thoroughbred growth data to body weights predicted by the NRC. J. Equine Vet. Sci., 28. 97–101.

- Schandi J. (1955): Lótenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 13–18., 97–138.
- Smith, A.M. – Burton Stanier, W. – Splan, R. K. (2006): Associations between yearling body measurements and career racing performance in Thoroughbred racehorses. J. Equine Vet. Sci., 26. 212–214.
- Tátray J. (1918): A lótenyésztés és a ló külső formáinak (alakulásainak) ismertetése. „Pátria” Irodalmi Vállalat és Nyomdai Rt., Budapest. 110.
- Thompson, K.N. – Smith, B.P. (1994): Skeletal growth patterns of Thoroughbred horses. J. Equine Vet. Sci., 14. 148.

Érkezett: 2011. október

Szerzők címe: Bene Sz. – Giczi A.

Pannon Egyetem Georgikon Kar
Authors' address: University of Pannonia, Georgikon Faculty
H-8360 Keszthely, Deák F. u. 16.
bene-sz@georgikon.hu

Nagy B.

„Alkotmány” Mezőgazdasági Zrt.
„Alkotmány” Agricultural Stock Company
H-8800 Nagykanizsa, Miklósfa út 70.

KÜLÖNBÖZŐ FAJTÁJÚ TENYÉSZKANCAK ÉLŐSÚLYA ÉS TESTMÉRETEI

10. közlemény: Regressziós modellek és populációgenetikai paraméterek a nóniusz fajtában

BENE SZABOLCS – NAGY BARNABÁS – GICZI ANITA – POLGÁR J. PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők négy hazai nóniusz tenyészetben – Mezőhegyes, Máta, Mány, Solt – 109 kifejlett tenyészkanca élő súlyát és 21 testméretét vették fel, majd értékelték. Regressziós egyenleteket dolgoztak ki az élő súly testméretekből történő becslésére. Az élő súly és a testméretek néhány populációgenetikai paraméterét apamoddellel becsülték. Az élő súly becslésére szolgáló elméleti (legpontosabb) modellbe a szalaggal mért marmagasságot, az övméretet, a mellkasszélességet, a far II. szélességet és a ferde törzshosszúságot építette be az alkalmazott regressziós eljárás ($R^2 = 0,84$; $p < 0,01$). Az élő súly becslésére a gyakorlatban is könnyedén használható regressziós modellhez az övméret, a far II. szélesség és a ferde törzshosszúság ismerete szükséges. Az illeszkedési érték ez esetben 0,80 ($p < 0,01$) volt. A vállszélesség és a mellkasszélesség ($h^2 = 0,42$, ill. 0,54), a nyakhosszúság és a szárkörméret ($h^2 = 0,60$, ill. 0,32, 0,48) közepes örökölhetőségi értéket mutattak. Az övméret 0,39, a magassági méretek 0,27 – 0,30 h^2 értékűek voltak. A mének között a legtöbb testméret esetén csak nagyon kis különbség mutatkozott. Ez alól kivételnek tekinthető az élő súly és a szélességi méretek, ahol valamelyest nagyobb eltérés volt megfigyelhető az apaállatok között. A méneknek az értékelt tulajdonságokban mutatott hasonló tenyésztérteke ismételten felhívja a figyelmet a fajta viszonylag egységes testméreteire.

SUMMARY

Bene, Sz. – Nagy, B. – Giczi, A. – Polgár, J. P.: DATA TO THE BODY MEASUREMENTS AND LIVE WEIGHT OF BROOD MARES OF DIFFERENT BREEDS. 10th paper: REGRESSION MODELS AND POPULATION GENETIC PARAMETERS IN NONIUS BREED

Live weight and 21 body measurements of 109 adult brood mares from Nonius breed in 4 studs – Mezőhegyes, Máta, Mány, Solt – were evaluated. With using this database regression equations were developed to estimate the live weight from body measurements. Population genetic parameters of the examined traits were estimated with sire model. The used regression model – what can be used to predict the live weight from body measurements – built the height at withers measuring tape, hearth girth, width of chest, 2nd width of rump and diagonal length of body. This was the "academic" (best joint) model ($R^2 = 0.84$; $p < 0.01$). To the "practical" regression model need to ken circumference of chest, 2nd width of rump and diagonal length of body. The determination coefficient was 0.82 ($p < 0.01$). Width of breast and width of chest ($h^2 = 0.42$ and 0.54), length of neck and cannon girth ($h^2 = 0.60$ and 0.32, 0.48) showed medium heritability value. The heritability of heart girth and height measurements were 0.39 and 0.27 – 0.30, respectively. Quite small differences were found between the stallions by most of the body measurements. The live weight and the width measurements were exception, because here the differences between the sires were a little bit higher. The similar breeding values of stallions attract attention to the homogeneity, what is being typical of this breed in the investigated traits.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az örökölhetőség a szülők és ivadékok hasonlóságának mértékét fejezi ki adott tulajdonságban. Ismerete rendkívül fontos, mivel meghatározza a tulajdonságban elérhető szelekciós előrehaladást. Az örökölhetőség elméletileg a genotípus és a fenotípus kapcsolata, más értelmezésben a szülői átlag-, és az ivadék teljesítmény közötti regresszió. Az örökölhetőséget leginkább az adott tulajdonság genetikai és fenotípusos varianciájának hányadosával fejezzük ki. Mivel az örökölhetőség mind a genetikai, mind a fenotípusos varianciát magába foglalja, így a populáció sajátosságát fejezi ki. Különböző populációkban, még ha azok egymáshoz hasonlóak is, különböző örökölhetőségi értékekkel találkozhatunk. Az örökölhetőség a populáció állandó genetikai varianciája, így a nulla érték nem azt jelenti, hogy az adott tulajdonság genetikailag nem meghatározott.

Az örökölhetőség értelmezése során azonban óvatosan kell eljárunk. Annak az értéke ugyanis nemcsak a populáció genetikai természetére utal, hanem kifejezi a környezeti hatások változatosságát is, ami a populációban megmutatkozik. Ebből adódik, hogy az örökölhetőségi érték, amelyet laboratóriumi körülmények között tartott állományon határozzunk meg, nagymértékben különbözik attól, amely természetes körülmények között, különböző környezetben tartott populációra vonatkozik. Ez nem jelent gondot a populációk értékelése során abban az esetben, ha a genotípus \times környezet kölcsönhatás kicsi. Mivel a környezet sokféle és változó, ha jelentős a genotípus \times környezet kölcsönhatás, akkor változhat a genetikai (tenyészt) érték, és a genetikai variancia is (Komlósi, 2004).

A küllemi tulajdonságok – így az élősúly és testméretek is – általában jól öröklődnek, azok kialakításában az örökletes alapot a környezet csak kisebb mértékben befolyásolja (Szabó, 2004). Ezért egy megfelelő apaállat kiválasztásával egy adott testméret, vagy egy adott küllemi tulajdonság rendszerint eredményesen befolyásolható (Bene és mtsai, 2009b).

A küllemi tulajdonságok és a testméretek örökölhetőségéről, valamint a mének küllemi értékmérőkben mutatott tenyészértékéről nagyon kevés információ található a hazai és nemzetközi szakirodalomban (Hintz és mtsai, 1978, 1979; Ócsag, 1984; Preisinger és mtsai, 1991; Samoré és mtsai, 1997; Molina és mtsai, 1999; Zechner és mtsai, 2001; Posta és Komlósi, 2007; Batista Pinto és mtsai, 2008; Druml és mtsai, 2008; Ringler és Lawrence, 2008). E forrásmunkákat cikksorozatunk első részében (Bene és mtsai, 2009a) bemutattuk, így azokat itt nem részletezzük.

A tenyész-kancák élősúlyának mérése és értékelése, az élősúly testméretekéből történő becslése szinte teljesen hiányzik az elmúlt időszak hazai és nemzetközi szakirodalmából. Az ilyen információk különösen értékesek lehetnek olyan tenyészetek számára, ahol a lovak súlyának mérésére nincs lehetőség (Bene és mtsai, 2009b).

Jelen munkánk célja a testméret-felvételezés során nyert adatokból a kifejlett nóniusz tenyész-kancák élősúlyának regressziós egyenletekkel történő becslése, illetve az élősúly és a testméretek néhány genetikai paraméterének meghatározása volt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk előző részében (*Bene és mtsai*, 2012) négy hazai nóniusz tenyészetben (Mezőhegyes, Máta, Mány, Solt) 109 kifejlett (4,5 évnél idősebb) tenyészkanca élősúlyát és 21 testmértét vettük fel majd értékeltük ki.

Jelen vizsgálatunkban a fenti 109 tenyészkanca adatbázisát felhasználva három többtényezős lineáris regressziós egyenletet – egy „elméleti”, egy „gyakorlati” és egy „általános” – dolgoztunk ki az élősúly testméretekből történő becslésére. A lehető legpontosabb becslést adó modellt az összes szignifikáns tényezőt az egyenletben hagyó „backward” módszerrel határoztuk meg. Mivel az így kapott egyenlet nagyon sok testméretet tartalmazott, a munka során ezt „elméleti” (legpontosabb) modellnek tekintettük. A gyakorlatban alkalmazható, ún. „gyakorlati” modell meghatározásánál az volt a célunk, hogy segítségével néhány egyszerűen mérhető testméretből elfogadható pontossággal lehessen az élősúlyt megbecsülni. E lineáris regressziós egyenlet paramétereinek meghatározását „stepwise” módszerrel végeztük. A hétköznapiakban legáltalánosabban felvett három testméret (kétféle marmagasság, övméret, szárkörméret) segítségével határoztuk meg az „általános” modellt. A becslést „enter” módszerrel végeztük, és mind a négy testméretet a modellben hagytuk, függetlenül attól, hogy szignifikánsak voltak-e.

Munkánk második felében az élősúly és a testméretek néhány populációgenetikai paraméterét becsültük meg. A tenyészkanca állomány 34 apára visszavezethető apai féltestvér-csoportokból állt, az apánkénti ivadékok száma átlagosan 3,21 volt. Valamennyi apa tenyészértékét megbecsültük a vizsgált küllemi tulajdonságokban, de az eredményeket táblázatos formában csak a legtöbb ivadékkal rendelkező mének esetén mutatjuk be.

A populációgenetikai paraméterek becslését apamoddellel (*Szőke és Komlósi*, 2000) végeztük. Az alkalmazott modelleket és a számítás menetét előző munkánkban (*Bene és mtsai*, 2009b) bemutattuk, így azokat itt nem részletezzük. A számított populációgenetikai paraméterek megbízhatósági értékeit – melyek a populáció kis létszáma miatt a kívánatosnál jóval nagyobbak voltak – munkánk során meghatároztuk.

Az adatok előkészítését Microsoft Excel 2003 programmal, az adatok kiértékelését pedig az SPSS 9.0 (1998) statisztikai programcsomaggal végeztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Regresszióanalízis

Az 1. táblázatban az élősúly (\bar{y}) becslésére meghatározott regressziós egyenleteket mutatjuk be. A legpontosabb becslést adó modell meghatározása során a szalaggal mért marmagasság, az övméret, a mellkasszélesség, a far II. szélesség és a ferde törzhosszúság bizonyult szignifikáns hatásúnak, így ezek kerültek be a regressziós egyenletbe. E testméretek méréséhez bot, szalag és tolómérő egyaránt szükséges, a méret-felvételezés a sok mérendő érték miatt időigényes. Ezért úgy gondoljuk, hogy ez a modell a gyakorlatban csak nehezen, hosszas

mérést követően alkalmazható. Az illeszkedési (R^2) érték 0,84 ($p < 0,01$) volt, ami jóval meghaladja a gyakorlatban már elfogadható 0,70-es szintet.

Az előzőek tükrében egy egyszerűbb, a gyakorlatban könnyedebben használható modellt is meghatároztunk. E modellbe („gyakorlati” modell; \hat{y}_{gyak}) az övméretet (ÖM), a far II. szélességet (F2) és a ferde törzshosszúságot (FTH) építette be az alkalmazott regressziós eljárás. E testméretek mérése viszonylag egyszerű, gyakorlatban egy mérőbottal, mérőszalaggal gyorsan elvégezhető. Az illeszkedés $R^2 = 0,82$ ($p < 0,01$) volt, ami éppen hogy elmarad az elméleti, legpontosabb modell esetén kapott értéknél.

Ezek alapján tehát a gyakorlatban a kifejtett nóniusz tenyészkancák élősúlyának becslésére az alábbi lineáris regressziós egyenletet írhatjuk fel:

$$\hat{y}_{\text{gyak}} = (4,073 \times \text{ÖM}) + (6,102 \times \text{F2}) + (2,247 \times \text{FTH}) - 927,465$$

1. táblázat

Az élősúly becslésére szolgáló regressziós egyenletek

Regressziós modell (1)	B	SE	Standard B	Szig. (2)	R^2
Elméleti modell* (3)					0,84 ($p < 0,01$)
Konstans (4)	-993,720	96,542		$p < 0,01$	
Marmagasság szalaggal (cm) (5)	1,711	0,692	0,147	$p < 0,05$	
Övméret (cm) (6)	2,702	0,639	0,368	$p < 0,01$	
Mellkasszélesség (cm) (7)	2,220	0,963	0,153	$p < 0,05$	
Far II. szélesség (cm) (8)	5,359	1,572	0,222	$p < 0,01$	
Ferde törzshosszúság (cm) (9)	2,087	0,464	0,246	$p < 0,01$	
Gyakorlati modell# (10)					0,82 ($p < 0,01$)
Konstans (4)	-927,465	82,205	-	$p < 0,01$	
Övméret (ÖM) (cm) (6)	4,073	0,502	0,536	$p < 0,01$	
Far II. szélesség (F2) (cm) (8)	6,102	1,630	0,253	$p < 0,01$	
Ferde törzshossz. (FTH) (cm) (9)	2,247	0,486	0,262	$p < 0,01$	
Általános modell@ (11)					0,73 ($p < 0,01$)
Konstans (4)	-812,461	125,844			
Marmagasság bottal (cm) (12)	-0,872	1,330	-0,066	NS	
Marmagasság szalaggal (cm) (5)	1,405	1,248	0,118	NS	
Övméret (cm) (6)	5,231	0,539	0,675	$p < 0,01$	
Bal mellső szárkörméret (cm) (13)	13,737	4,973	0,218	$p < 0,05$	

* = „backward” mód. becsülve (14); # = „stepwise” mód. becsülve (15); @ = „enter” mód. becsülve (16)

Table 1. Regression models to estimate the live weight regression model (1); significance (2); academic model (3); constant (4); height at withers (tape) (5); hearth girth (6); width of chest (7); 2nd width of rump (8); diagonal length of body (9); practical model (10); general model (11); height at withers (stick) (12); cannon girth (front left) (13); estimated with method “backward”, “stepwise” and “enter” (14, 15, 16)

Várakozásainknak megfelelően az élősúly becslésére felírt regressziós egyenletekben többnyire a kondícióval jobban összefüggő testméretek – övméret, far II. szélesség, mellkasszélesség, ferde törzshosszúság stb. – szerepeltek. Eredményeink

alátámasztják azt a tankönyvi tételt, mely szerint a ferde törzshosszúság, az övméret és a far II. szélesség a kondicionális állapot – és így az élősúly – kiváló kifejezői.

A gyakorlatban legáltalánosabban használt testméretek (marmagasság, övméret, szárkörméret) segítségével meghatározott „általános” modell pontossága 73% volt. Ez az érték – mindemellett, hogy meghaladja a minimális kritériumnak tekinthető 70%-ot – mintegy 9%-kal kisebb annál, mint amit a gyakorlati modell esetén tapasztaltunk.

Populációgenetikai paraméterek

A populációgenetikai paraméterek becslését megelőzően megvizsgáltuk az apa, a tenyészet és az életkor hatását az élősúlyra és a testméretekre (2. táblázat).

2. táblázat

Az apa, a tenyészet és az életkor hatása a vizsgált tulajdonságokra

Testméret (1)	Apa hatása (2)	Tenyészet hatása (3)	Életkor hatása (4)
Élősúly (5)	NS (0,355)	p<0,05 (0,025)	NS (0,264)
Marmagasság bottal (6)	NS (0,080)	NS (0,073)	NS (0,080)
Marmagasság szalaggal (7)	NS (0,201)	p<0,05 (0,026)	NS (0,151)
Hátközép-magasság (8)	NS (0,181)	p<0,05 (0,030)	NS (0,074)
Farbúb-magasság (9)	NS (0,934)	NS (0,238)	NS (0,063)
Mellkasmélység (10)	NS (0,215)	NS (0,473)	NS (0,209)
Bielerpont-magasság (11)	NS (0,561)	NS (0,425)	NS (0,051)
Törzshosszúság (12)	NS (0,659)	NS (0,490)	NS (0,433)
Ferde törzshosszúság (13)	NS (0,734)	NS (0,481)	NS (0,454)
Nyakhosszúság (14)	p<0,01 (0,007)	p<0,05 (0,026)	NS (0,569)
Háthosszúság (15)	NS (0,088)	NS (0,630)	NS (0,881)
Farhosszúság (16)	NS (0,803)	NS (0,499)	NS (0,893)
Vállszélesség (17)	p<0,05 (0,042)	p<0,05 (0,012)	NS (0,090)
Mellkasszélesség (18)	p<0,05 (0,020)	p<0,01 (0,006)	NS (0,056)
Far I. szélesség (19)	NS (0,321)	NS (0,417)	NS (0,354)
Far II. szélesség (20)	NS (0,364)	NS (0,437)	NS (0,132)
Far III. szélesség (21)	NS (0,063)	NS (0,236)	NS (0,616)
Övméret (22)	NS (0,098)	p<0,01 (0,003)	NS (0,052)
Szárkörméret (bal első) (23)	NS (0,165)	NS (0,125)	NS (0,342)
Szárkörméret (bal hátsó) (24)	NS (0,056)	p<0,05 (0,048)	NS (0,147)
Fejhosszúság (25)	p<0,01 (0,004)	NS (0,417)	NS (0,737)
Homlokszélesség (26)	p<0,05 (0,049)	NS (0,268)	NS (0,057)

Table 2. The effect of sire, stub and age to the investigated traits

body measurement (1); effect of sire (2); effect of stub (3); effect of age (4); live weight (5); height at withers (stick) (6); height at withers (tape) (7); height of back (8); height at rump (9); depth of chest (10); height of bieler-point (11); length of body (12); diagonal length of body (13); length of neck (14); length of back (15); length of rump (16); width of breast (17); width of chest (18); 1st width of rump (19); 2nd width of rump (20); 3rd width of rump (21); hearth girth (22); cannon girth (front left) (23); cannon girth (rear left) (24); length of head (25); width of head (26)

Az apának a vizsgált testméretek közül csak a nyakhosszúságra, a váll- és mellkasszélességre és a fejméretekre volt szignifikáns hatása. Az élősúly és a többi testméret esetén az apa hatását nem tudtuk kimutatni.

A tenyészetnek az élősúlyra, a szalaggal mért marmagasságra, a hátközép magasságra, a nyakhosszúságra, a váll- és mellkasszélességre, az övméretre, valamint a szárkörméretre volt statisztikailag igazolható hatása. Az életkor hatása nem volt kimutatható egyik értékelt tulajdonság esetén sem.

A fentiekből látható, hogy statisztikailag igazolható különbségeket elsősorban a kondícióval szorosabb kapcsolatot mutató testméretek (övméret, mellkasszélesség, szalaggal mért marmagasság stb.) esetén találtunk. Ezek a tápláltsági állapottól függően változnak, azaz elsősorban a takarmányozás színvonalától – tehát a tenyészettől – függenek, nem pedig az életkortól, vagy az apától. Erre példaként az 1. ábrán az élősúly és az életkor kapcsolatát mutatjuk be. Az 5 éves kancák súlya nagyságrendileg 600 – 630 kg értéket mutatott, míg a 20 éves kancák esetén is hasonló értékeket tapasztaltunk.

1. ábra Az élősúly összefüggése az életkorral

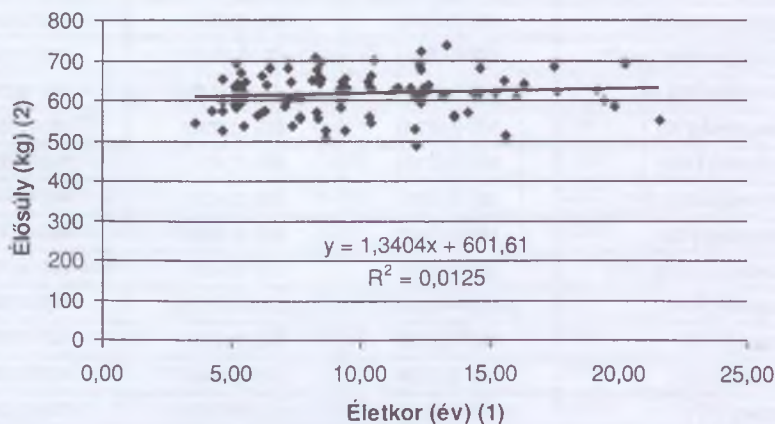


Figure 1. Correlation between live weight and age (year) (1); live weight (kg) (2)

Kifejlett korban a tenyészkancák azon testméretei, amiket a csontos váz különböző pontjai között mérünk (pl.: bottal mért marmagasság, farbűbmagasság stb.) már kialakultak, azokat sem az életkor, sem pedig a kondíció változása nem befolyásolja.

A 3. táblázatban a genetikai varianciát, a környezeti varianciát, a fenotípusos varianciát, valamint az ezek alapján számított örökölhetőségi értékeket mutatjuk be.

Azoknál a testméretekénél, ahol az apa hatása igazolható volt, várakozásainknak – és a szakirodalmi adatoknak – megfelelően közepes örökölhetőségi értékeket kaptunk (nyakhosszúság $h^2 = 0,60$; vállszélesség $h^2 = 0,42$; mellkasszélesség $h^2 = 0,54$; fejhosszúság $h^2 = 0,64$; homlokszélesség $h^2 = 0,48$). A magassági méretek ($h^2 = 0,27 - 0,30$) és a körméretek ($h^2 = 0,32 - 0,48$) esetén gyenge, közepes örökölhetőségi értékeket becsültünk.

3. táblázat

Az élősúly és a testméretek genetikai paraméterei

Testméret (1)	Ivadékcsoportok közötti (genetikai) variancia (2)	Ivadékcsoporton belüli (környezeti) variancia (3)	Fenotípusos variancia (4)	h^2
Élősúly (5)	325,950	2087,677	2413,628	0,14
Marmagasság bottal (6)	5,223	11,946	17,168	0,30
Marmagasság szalaggal (7)	5,630	14,690	20,320	0,28
Hátközép-magasság (8)	5,370	12,381	17,751	0,30
Farbúb-magasság (9)	6,719	16,396	23,115	0,29
Mellkasmélység (10)	1,328	3,572	4,900	0,27
Bielerpont-magasság (11)	0,434	8,507	8,940	0,05
Törzshosszúság (12)	0,000	37,628	37,628	0,00
Ferde törzshosszúság (13)	0,000	37,599	37,599	0,00
Nyakhosszúság* (14)	22,426	15,078	37,503	0,60
Háthosszúság (15)	6,944	16,508	23,452	0,30
Farhosszúság (16)	1,879	7,393	9,272	0,20
Vállszélesség (17)	3,587	4,925	8,512	0,42
Mellkasszélesség* (18)	10,384	8,698	19,082	0,54
Far I. szélesség (19)	0,919	4,285	5,204	0,18
Far II. szélesség (20)	0,596	3,806	4,403	0,14
Far III. szélesség (21)	1,573	1,297	2,870	0,55
Övméret (22)	18,422	29,420	47,842	0,39
Szárkörméret (bal első) (23)	0,255	0,543	0,798	0,32
Szárkörméret (bal hátsó) (24)	0,773	0,826	1,599	0,48
Fejhosszúság* (25)	7,210	4,000	11,210	0,64
Homlokszélesség* (26)	0,373	0,404	0,777	0,48

* az apa hatása szignifikáns volt (27)

Table 3. Genetic parameters of live weight and body measurements
body measurement (1); variance among progeny groups (genetic variance) (2); variance within progeny groups (error variance) (3); phenotypic variance (4); as in Table 2 (5-26); the effect of sire was significant (27)

Az élősúly és a többi testméret esetén a h^2 érték 0,00 – 0,18 közötti volt, vagyis ezek a tulajdonságok gyengén öröklődtek. A genetikai varianciát ezekben az esetekben nagyon kicsinek, esetenként nullának becsültük. Eredményeink részben megegyeznek a szakirodalomban talált adatokkal (Hintz és mtsai, 1978; Huizinga és mtsai, 1990; Preisinger és mtsai, 1991; Koenen és mtsai, 1995; Zechner és mtsai, 2001; Dietl és mtsai, 2004; Posta és Komlósi, 2007; Bene és mtsai, 2011). Néhány esetben azonban az általunk tapasztalt értékek kisebbek annál, mint amit a forrásmunkákban találtunk.

4. táblázat

A tenyészkanca-ivadékok száma ménenként a vizsgált tenyészetekben

Tenyészmén (1)	Tenyészet (2)				Összesen (3)
	Mezőhegyes	Máta	Mány	Solt	
	Tenyészkanca-ivadékok száma (4)				
1462 Nonius VI-2	2				2
1581 Szentés Nonius-19		4		3	7
1616 Nonius VI-21		2			2
1814 Nonius VI-24	9				9
1814 Nonius VI-24				1	1
2026 Nonius XII-5			1		1
2106 Nonius XII-18		4			4
2139 Nonius IX-131			1		1
2153 Nonius XIII-10		1			1
2154 Nonius XIII-14		2			2
2282 Nonius IX-142		1			1
2283 Nonius IX-143			1		1
2284 Nonius IX-144				5	5
2384 Garde Royale xx		1			1
2435 Nonius XIII-5		4			4
2515 Biharnagybajom N-5				5	5
2517 Nonius IX-156	1				1
2556 Nonius XV-3		1			1
2559 Nonius IX-162				6	6
2844 Nonius XVI-17	1				1
2957 Nonius XXIII-7		7			7
2978 Doliart	2				2
3007 Nonius XVI-7		1			1
3133 Szentés Nonius-134	4				4
3185 Akitos xx	14				14
3451 Nonius XXVI-3			2		2
3537 Nonius XL-71			1		1
3665 Nonius XVII-30		8			8
3814 Battonya Nonius-67	1				1
3985 Fábiánsebestyén N-198		5			5
4285 Nonius III-58			2		2
4453 Csörötnék Nonius-3				1	1
4455 Nonius XXV-188		4			4
Nonius-31 (ROM)			1		1
Összesen (3)	34	45	9	21	109

Table 4. Number of brood mare progeny by stallions in the examined herds
breeding stallion (1); stud (2); total (3); number of brood mare progeny (4)

A mének tenyészártéke a vizsgált tulajdonságokból

Apa azonosítója (1)	Mértékegység (3)	3185 Akitos xx	1814 Nonius VI-24	3665 Nonius XVII-30 (IV. tm)	1581 Szentés Nonius-19 (XXXVII. tm)	2957 Nonius XXIII-7 (XLII. tm)	2559 Nonius
Ivadákok száma (2)		14	8	8	7	7	6
Előszűly (5)	kg	-24,0±12,8	-14,9±17,8	3,1±16,6	-19,4±17,8	61,3±17,8	-20,7±
Marmagasság bottal (6)	cm	-1,4±0,9	-1,0±1,2	-1,1±1,3	-1,8±1,3	1,1±1,3	-2,4±
Marmagasság szalaggal (7)	cm	-0,3±1,1	-0,2±1,4	-1,5±1,4	-2,3±1,5	2,4±1,5	-2,5±
Hátközép-magasság (8)	cm	0,4±1,0	-0,4±1,2	-0,8±1,3	-2,5±1,3	-0,4±1,3	-1,8±
Farbűb-magasság (9)	cm	2,1±1,1	0,4±1,4	0,4±1,5	-1,9±1,5	1,8±1,5	-2,2±
Mellkasmélyiség (10)	cm	-0,3±0,5	0,3±0,7	0,5±0,7	-1,4±0,7	1,5±0,7	-1,9±
Bielerpont-magasság (11)	cm	-0,7±0,8	-1,1±1,0	-1,3±1,1	-0,1±1,1	-0,1±1,1	-0,2±
Törzshosszúság (12)	cm	-3,6±1,6	-0,2±2,2	2,7±2,3	1,1±2,3	5,3±2,3	-1,2±
Ferde törzshosszúság (13)	cm	-3,4±1,6	-0,1±2,2	3,0±2,3	0,4±2,3	5,1±2,3	-1,2±
Nyakhosszúság (14)	cm	-0,7±1,1	0,1±1,4	0,8±1,5	-4,0±1,5	2,7±1,5	-4,6±
Háthosszúság (15)	cm	1,7±1,1	-1,5±1,4	0,9±1,5	-3,8±1,5	3,9±1,5	-1,6±
Farhosszúság (16)	cm	1,3±0,7	0,2±1,0	-0,9±1,0	-0,6±1,0	-0,3±1,0	-0,4±
Válszélesség (17)	cm	-2,3±0,6	-0,6±0,8	0,4±0,9	0,4±0,9	3,4±0,9	-1,5±
Mellkasszélesség (18)	cm	-1,5±0,8	0,1±1,1	-1,5±1,2	-0,5±1,2	1,5±1,2	-0,3±
Far I. szélesség (19)	cm	-1,2±0,6	0,6±0,7	-0,3±0,8	-1,5±0,8	0,1±0,8	-0,7±
Far II. szélesség (20)	cm	-1,1±0,5	-0,4±0,7	0,5±0,7	-0,8±0,7	2,3±0,7	-2,0±
Far III. szélesség (21)	cm	1,8±0,3	1,6±0,5	-1,7±0,5	-1,9±0,5	0,3±0,7	-0,4±
Övméret (22)	cm	-2,3±1,5	1,5±2,0	-0,4±2,0	-3,6±2,2	8,8±2,2	-5,5±
Szárkörméret (BE) (23)	cm	-0,2±0,2	0,2±0,3	-0,2±0,3	-0,3±0,3	0,7±0,3	-0,5±
Szárkörméret (BH) (24)	cm	-1,2±0,2	-0,6±0,4	-1,8±0,4	-1,2±0,4	-0,1±0,4	-1,4±
Fejhosszúság (25)	cm	-0,9±0,5	0,1±0,8	0,0±0,8	-1,5±0,8	1,1±0,8	-1,4±
Homlokszélesség (26)	cm	0,1±0,2	-0,4±0,2	-0,6±0,2	-0,4±0,2	0,0±0,2	0,3±

* tm = törzsmén (4)

Table 5. Breeding values stallions in the investigated traits
identity number of sire (1); number of progeny (2); unit (3); tm = tribe-stallion (4); as in Table 2 (5-26)

Tenyészértékek

A 4. táblázatban a nóniusz fajtában fedező méneket és azok ivadékainak számát mutatjuk be tenyészetenkénti bontásban. Sajnos csak egyetlen olyan mént („1581 Szentés-Nonius-19”) találtunk, amelyiknek legalább 2 tenyészetben volt ivadéka.

Az 5. táblázatban a nóniusz fajtában fedező tenyészmének tenyészértékét tüntettük fel a vizsgált élősúly és testméretek alapján. A mének között tenyészértékben az élősúly és a szélességi méretek esetén kismértékben nagyobb, a többi testméret esetén kisebb eltéréseket tapasztaltunk.

Munkánk során a legtöbb tenyészkanca-ivadékkal (14 egyed) a „3185 Akitos xx” számú mén rendelkezett. Ezt a fekete színű angol telivér mént a mezőhegyesi ménesben – cseppvérkeresztezéssel – a kancaállomány javítására használták. A mén tenyészértéke valamennyi vizsgált tulajdonságban átlaghoz közeli, vagy kis mértékben átlag alatti volt, lányai a populáció többi egyedétől kisebb törzshosszúságukkal, finomabb nyakukkal és fejükkel tűntek ki. Eredményeink szerint e mén használata csak nagyon kis mértékű élősúly és testméret csökkenést okozhatott a nóniusz fajtában.

Az élősúlyban legnagyobb tenyészértéket (+61,3 kg a populációátlaghoz képest) a „2957 Nonius XXIII-7” számú mén mutatta. Tenyészértéke a hosszúsági méretek és az övméret esetén a populáció átlagát jóval meghaladta.

A „2106 Nonius XII-18” számú mén valamennyi tulajdonság esetén negatív előjelű tenyészértéket mutatott (pl.: élősúly esetén -25,2 kg, bottal mért marmagasságban -5,1 cm). Tenyésztésbe állítását feltehetően más értékmérő tulajdonságokban mutatott jobb tenyészértéke indokolta.

Övméretben kiemelkedő tenyészértéket (+8,1 cm) a „3985 Fábíansebestyén-Nonius-198” ménnél tapasztaltuk. Ennek megfelelően e mén az élősúlyra is jelentősen javító hatású (+55,1 kg) volt.

Összegzés

Populációgenetikai értékelésünk során az apa hatását – a néhány testméret kivételével – nem tudtuk kimutatni. Korábbi vizsgálatunk (Bene és mtsai, 2012) már felhívta a figyelmet a nóniusz tenyészkancaik viszonylag egységes testméreteire, jelen vizsgálatunk pedig az apa oldaláról, a mének részéről is ezt igazolta. Az apák közötti nagyon kis méretbeli különbségek – amelyek elsősorban a kondícióval összefüggő méretekre terjedtek ki –, valamint az alacsony szórás és cv% értékek eredményezték azt, hogy több vizsgált paraméter esetén a populációban a variancia nagyon kicsinek bizonyult. E kis mértékű változatosság eredőjeként a genetikai varianciát kicsinek becsültük (esetenként nulla értéket mutatott), ami alacsony örökölhetőségi értékekhez és a tenyészértékekben nagyon kis különbségekhez vezetett. Az köztudott, hogy a küllemi tulajdonságok, így az élősúly és a testméretek általában közepes, vagy jó örökölhetőséget mutatnak, azonban ezt jelen vizsgálatunkban, a fentiek következtében nem minden esetben tudtuk bizonyítani.

Sajnos csak egyetlen olyan mént találtunk, melynek legalább két tenyészetben voltak ivadékai, a többi mént csak egy-egy tenyészetben használták. Emiatt a genotípus hatását a környezet hatásától nem lehetett egyértelműen szétválasztani.

Vizsgálatunkban nagyszámú apaállat (34 mén – köztük néhány angol telivér fajtájú) 109 tenyészkanca ivadéka szerepelt, amelyek földrajzi, tartástechnológiai és tenyésztési szempontból nagyon különböző körülmények közül származtak. Ez, és a tenyészetekben tapasztalt eltérő tenyésztési elképzelések (pl. mén-használat, szín kérdése stb.) ellenére a fajta az élősúly és a testméretek terén meglehetősen egységes képet mutatott.

KÖVETKEZTETÉSEK

Négy hazai tenyészetben – Mezőhegyes, Mátá, Máty, Solt –, 109 kifejlett nóniusz tenyészkanca élősúlyának és 21 testméreteinek felvétele, valamint kiértékelése során kapott eredményeink alapján az alábbi megállapításokat tehetjük:

- Az élősúly testméretekből történő becslésére meghatározott, a gyakorlatban is könnyedén használható lineáris regressziós egyenlethez az övméret, a far II. szélesség és a ferde törzshosszúság ismerete szükséges. E testméretek viszonylag gyorsan és pontosan felvehetők, segítségükkel – mérleg hiányában – az élősúly kellő pontossággal becsülhető.
- Azokban a tulajdonságokban (nyakhosszúság, váll- és mellkasszélesség, fejméretek), amelyekben az apa hatását bizonyítani tudtuk, közepes örökölhetőségi értékeket ($h^2 = 0,42 - 0,64$) kaptunk. Ez hasonló a legtöbb szakirodalomban fellelhető információhoz.
- Eredményeink alapján a nóniusz fajtában fedező mének között az élősúlyban és a testméretekben nem találtunk számottevő különbségeket. Hasonlóan kicsi volt a különbség a tenyészértékekben is, ami ismételten felhívja a figyelmet a fajtára jellemző egységességre.
- A 109 kifejlett nóniusz tenyészkanca adatai alapján becsült regressziós egyenletek, populációgenetikai paraméterek és tenyészértékek – annak ellenére, hogy számos hasznos információt hordozhatnak mind a gyakorlatban, mind pedig a tudományos területen dolgozó szakemberek számára – a populáció kis létszáma miatt csak tájékoztató jellegűnek tekinthetők.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Batista Pinto, L.F. – de Almeida, F.Q. – Quirino, C.R. – de Azevedo, P.C.N. – Cabral, G.C. – Santos, E.M. – Corassa, A. (2008): Evaluation of the sexual dimorphism in Mangalarga Marchador horses using discriminant analysis. *Liv. Sci.*, 119. 161–166.
- Bene Sz. – Nagy B. – Szabó F. (2009a): Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 1. közlemény: Irodalmi áttekintés. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 213–230.
- Bene Sz. – Nagy B. – Bem J. – Polgár J.P. – Szabó F. (2009b): Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 3. közlemény: Regressziós modellek és populációgenetikai paraméterek a gidrán fajtában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 341–351.
- Bene Sz. – Nagy Zs. – Polgár J.P. – Szabó F. (2011): Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 5. közlemény: Regressziós modellek és populációgenetikai paraméterek az angol telivér fajtában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 60. 151–163.
- Bene Sz. – Giczi A. – Polgár J.P. (2012): Különböző fajtájú tenyészkancák élősúlya és testméretei. 9. közlemény: A nóniusz. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 61.1.73–86.
- Dietl, G. – Hoffmann, S. – Albrecht, S. (2004): Parameter und Trends der Stutbuchaufnahme des Mecklenburger Warmblut Pferdes. *Arch. Tierz.*, 47. 107–117.

- Druml, T. – Baumung, R. – Sölkner, J. (2008): Morphological analysis and effect of selection for conformation in the Noriker draught horse population. *Liv. Sci.*, 115. 118–128.
- Hintz, H.F. – Hintz, R.L. – Van Vleck, L.D. (1978): Estimation of heritabilities for weight, height and front cannon bone circumference of thoroughbreds. *J. Anim. Sci.*, 47. 1243–1245.
- Hintz, H.F. – Hintz, R.L. – Van Vleck, L.D. (1979): Growth rate of Thoroughbreds. Effects of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. *J. Anim. Sci.*, 48. 480–487.
- Huizinga, H.A. – Boukamp, M. – Smolders, G. (1990): Estimated parameters of field performance testing of mares from the Dutch Warmblood riding horse population. *Liv. Prod. Sci.*, 26. 291–299.
- Koenen, E.P.C. – van Veldhuizen, A.E. – Brascamp, E.W. (1995): Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood riding horse population. *Liv. Prod. Sci.*, 43. 85–94.
- Komlósi I. (2004): Mennyiségi tulajdonságok genetikai paraméterei. In: Szabó F. (szerk.): Általános állattenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Molina, A. – Valera, M. – Dos Santos, R. – Rodero, A. (1999): Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Liv. Sci.*, 60. 295–303.
- Ócsag I. (1984): A nónius. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Posta J. – Komlósi I. (2007): Magyar sportló kancák sajátjeljesítmény vizsgájának paraméterbecslése. Állattenyésztés és Takarmányozás, 56. 253–261.
- Preisinger, R. – Wilkens, J. – Kalm, E. (1991): Estimation of genetic parameters and breeding values for conformation traits for foals and mares in the Trakehner population and their practical implications. *Liv. Prod. Sci.*, 29. 77–86.
- Ringler, J.E. – Lawrence, L.M. (2008): Comparison of Thoroughbred growth data to body weights predicted by the NRC. *J. Equine Vet. Sci.*, 28. 97–101.
- Samoré, A.B. – Pagnacco, G. – Miglior, F. (1997): Genetic parameters and breeding values for linear type traits in the Haflinger horse. *Liv. Prod. Sci.*, 52. 105–111.
- Szabó F. (2004): Általános állattenyésztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Szőke Sz. – Komlósi I. (2000): A BLUP modellek összehasonlítása. Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 231–246.
- Zechner, P. – Zohman, F. – Sölkner, J. – Bodó, I. – Habed, F. – Martie, E. – Bremf, G. (2001): Morphological description of the Lipizzan horse population. *Liv. Prod. Sci.*, 69. 163–177.

Érkezett: 2011. október

Szerzők címe: Bene Sz. – Giczi A. – Polgár J. P.
Pannon Egyetem Georgikon Kar
Authors' address: University of Pannonia, Georgikon Faculty
H-8360 Keszthely, Deák F. u. 16.
bene-sz@georgikon.hu

Nagy B.
„Alkotmány” Mezőgazdasági Zrt.
„Alkotmány” Agricultural Stock Company
H-8800 Nagykanizsa, Miklósfu út 70.

2011-BEN SIKERESEN MEGVÉDETT PHD ÉRTEKEZÉSEK (1. RÉSZ)

PHD DISSERTATIONS IN THE YEAR OF 2011 (PART 1.)

A BIODÍZEL GYÁRTÁS SORÁN KELETKEZŐ GLICERIN TAKARMÁNYOZÁSI CÉLÚ FELHASZNÁLÁSA A HÍZÓSEJTÉSEKNÉL

KOVÁCS PÉTER

Nyugat-magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár

A biodízel gyártás melléktermékeként keletkező nagy mennyiségű glicerín felhasználásának megoldása világszerte fontos feladattá vált. Mind az Egyesült Államokban, mind Európában, több kísérletben is vizsgálták, hogy a glicerín, mint energiaforrás, hogyan illeszthető be a monogasztrikusok takarmányozásába. A jelölt hazánkban elsőként vizsgálta, hogy hazai viszonyok között a glicerín milyen feltételekkel használható a hízósertések takarmányozásában. Emésztési és N-forgalmi kísérletekben meghatározta a takarmányozási minőségű glicerín látszólagos emészthető (DEs) és metabolizálható energia (MEs) tartalmát, valamint hatását a tápanyagok emészthetőségére és a N-felhasználásra. Sertéseket vizsgált két súlycsoportban: 25–47 kg és 57–85 kg. A takarmányhoz takarmányozási minőségű (86,76% glicerín tartalmú) glicerint adagolt, amely 0,05% nyers zsírt és 5,4% nyers hamut tartalmazott, ez utóbbi legnagyobb részét az NaCl (5,2%) tette ki. Az üzemi kísérleteket 100 db (norvég lapály x duroc) sertéssel végezte, amelyeket két csoportra osztott (kontroll és kísérleti). 30–75 kg-ig süldő sertéstápot, majd 75–105 kg-ig hízó sertéstápot etetett. A kísérleti csoport takarmányához 5%-ban takarmányozási minőségű glicerint adagolt a kukorica egy része helyett. Vágás után az alábbi tulajdonságok kerültek meghatározásra: csepegési és sütés veszteség, nyíróerő, szín és érzékszervi tulajdonságok, fagyasztási és főzési veszteség, kémiai összetétel, zsírsavösszetétel.

Új tudományos eredmények:

- A 86,76% glicerintartalmú takarmányozási minőségű glicerín látszólagos emészthető energiatartalma kg-ként 14,006 MJ, látszólagos metabolizálható energiatartalma pedig 13,478 MJ, ami a vizsgált glicerín bruttó energiatartalmának 91,5, illetve 88%-a. A 100% glicerintartalomra számított látszólagos DE 16,14 MJ, a látszólagos ME pedig 15,54 MJ kg-ként.
- A glicerín értékesülését (ME és DE tartalmát) az állatok súlya 25–85 kg között, továbbá a glicerín dózisa 5 és 10% között nem befolyásolta.
- Az 5 illetve 10% mértékű glicerín-kiegészítés nem volt hatással sem a takarmány táplálóanyagainak emészthetőségére, sem pedig a süldők N-viszszatartására.
- A glicerín a takarmány 5%-ban etetve nem befolyásolta a hizlalás eredményeit (súlygyarapodás, takarmány-, energia-, és fehérjehasznosítást), azaz a glicerín látszólagos emészthető energiatartalom alapján helyettesíteni tudta a hízósertések takarmányában a kukoricát.
- Az 5% arányban etetett glicerín csak kismértékben befolyásolta a *de novo* zsírsavszintézist és ennek következtében a karaj, a comb zsír valamint a hátszalonna és a háj zsírsavösszetételét.

- A glicerín etetés csökkentette a -12 és -20 °C közötti hőmérsékleten történő tárolást követő felengedés során keletkező lé mennyiségét.

THE USE OF GLYCEROL GENERATED DURING BIODIESEL PRODUCTION FOR FEEDING PIG

PÉTER KOVÁCS

University of West Hungary, Mosonmagyaróvár

The utilization of the huge amount of glycerol arising as by-product of biodiesel production turned into an important task worldwide. Several studies were carried out both in the USA and Europe to investigate how the glycerol could be included as an energy source into the feeding system of monogastric animals. Related studies have not yet been reported in Hungary. The candidate examined under what conditions can glycerol be used in the feed ration of pigs. Digestibility and N-metabolism experiments were carried out to determine the apparent digestible (DEs) and metabolizable energy (MEs) content of feed grade glycerol as well as its effects on the digestibility of nutrients and N-utilization in pigs. The studies were conducted with two groups of barrows of different weights (Exp. 1., 2.: 25–47 kg and Exp. 3.: 57–85 kg). Feed rations were supplemented with glycerol (86.76 % glycerol), containing 0.05% crude fat and 5.4 % crude ash, the majority of the latter was NaCl (5.2 %). The on farm experiments were completed with 100 pigs (Norwegian landrace x Duroc), which were divided into two groups (control and experimental) and received between 30–75 kg of live weight a grower diet, and then till the end of the experiment (105 kg) a finishing diet. The experimental diets contained 5 % glycerol, replacing a part of the maize proportion. After slaughter the following parameters were determined: dripping loss, baking loss, shearing strength, colour and sensory properties, freezing and cooking loss, chemical composition and fatty acid profile.

The following new results have been obtained:

- 14.01 MJ/kg was the apparent digestible energy content and 13.48 MJ/kg the apparent metabolizable energy content of the 86.76 % feed grade glycerol tested, which amounted to 91.5 % and 88.0 %, respectively of the tested glycerol's gross energy content. 100 % glycerol was equal to 16.43 MJ/kg apparent DE and 15.54 MJ/kg apparent ME, respectively.
- The weight of the animals between 25-85 kg and the application rate of the glycerol between 5-10 % glycerol did not effect the glycerol utilization.
- 5 or 10% glycerol supplement did not affect nutrient digestibility and N-retention.
- Feeding 5% glycerol did not affect the fattenig results (weight gain, feed-, energy- and protein utilization), ie. glycerol could replace the corn in pigs' feed, based on its apparent digestible energy value.
- 5% glycerol had only a small effect on the "de novo" fatty acid synthesis, resulting in a small change in the fatty acid composition of loins, thighs, backfat and lard.
- The glycerol feeding reduced the after-thawing drip loss following freezing between -12 and -20 °C.

A TEHÉNTÉJ N-3 ZSÍRSAV TARTALMÁNAK NÖVELESE TAKARMÁNYOZÁS ÚTJÁN

VISZKET ERNA

Nyugat-magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár

A jelölt 2 éves vizsgálatsorozatban értékelte egy nyugat-magyarországi régióban található sajtüzembe beszállított elegytej minták fontosabb táplálóanyag tartalmát és zsírsavprofilját. Megállapította, hogy a hazai tejminták a táplálkozás-élettani szempontból fontos n-3 zsírsavakat (pl. linolénsav-C18:3; dokozapentaénsav-C22:5), továbbá a c9,t11-C18:2-t (konjugált linolsav, CLA) a nemzetközi szakirodalomban közöltekénél kisebb koncentrációban tartalmazták. *In situ* és bendőfermentációs modellvizsgálatokat végzett két burkolásos technológiával előállított, halolaj alapú omega-3 készítménnyel. A speciális zsírsav-összetételű, bendővédett kiégésítő hatékonyosságát a tejelő tehenek takarmányozásában eltérő tömegtakarmány bázis mellett (kukoricaszilázs-lucernaszenázs; fűszénázs-lucernaszenázs) értékelte. Megállapította, hogy az etetett kísérleti takarmányadagok hatására a tejszírsavban szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) nőtt a fontosabb n-3 zsírsavak (pl. C18:3, C20:5, C22:5) és a vizsgált CLA izomerek (pl. c9,t11-C18:2; t10,c12-C18:2) részaránya. A kísérleti takarmányadagok etetését követően mért kiugróan magas transz-zsírsav (TFA) mennyiség fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott. Ez arra felhívja a figyelmet, hogy az olyan típusú kísérletekben, ahol a tej zsírsavösszetétel módosítása a fő cél, ajánlott hosszabb vizsgálati szakaszt beiktatni.

IMPROVING N-3 FATTY ACID CONTENT OF BOVINE MILK

ERNA VISZKET

University of West Hungary, Mosonmagyaróvár

Some important nutrient contents and the fatty acid profile of bulk milk samples delivered to a cheese factory located in the western part of Hungary were evaluated in a 2-year-long study. Results confirmed that milks from Hungarian dairy farms appeared to be lower in nutritionally beneficial n-3 fatty acids (e.g. linolenic acid-C18:3; docosapentaenoic acid C22:5) and c9,t11-C18:2 (conjugated linoleic acid, CLA) compared to international scientific literature data. *In situ* and rumen fermentation model studies were carried out using two fish oil based omega-3 products produced by different coating technologies. The efficiency of rumen protected supplements with special fatty acid compositions was evaluated using different preserved fodder based diets (maize silage-alfalfa haylage; grass haylage-alfalfa haylage) in dairy cow feeding. The experimental diets significantly ($p < 0.05$) improved the proportion of the most important n-3 fatty acids (e.g. C18:3, C20:5, C22:5) and the tested CLA isomers (e.g. c9,t11-C18:2; t10,c12-C18:2) in milk fat. The high concentration of trans-fatty acids (TFA) measured after feeding experimental diets showed a gradually decreasing tendency. In studies aiming at modifying the fatty acid composition of milk it is advisable to work with longer experimental periods.

KÜLÖNBÖZŐ GENOTÍPUSÚ NŐIVARÚ JUHOK SZAPORODÁSI SZEZONALITÁSA

GYIMÓTHY GERGELY

Debreceni Egyetem, Debrecen

A jelölt szőrös és vedlő gyapjas juhok öt esztendőre visszamenő szaporodásélettani működését elemezte. A hazai juhállományokra jellemző szaporodási szezonokban, fő tenyész-szezon, járulékos tenyész-szezon és tenyész-szezonon kívüli időszakban, egyaránt történtek fogamzások a dorper, barbadoszi és szomáli fajták, valamint egymás közötti keresztezéseik esetében. A vizsgált szőrös és vedlő gyapjas fajták és keresztezéseinek egész éven át történő tenyésztése hazánkban megvalósítható. A jelölt két év vonatkozásában elvégezte a szaporodásbiológiai mutatók értékelését. A tenyész-szezonon kívül fogant szőrös és vedlő gyapjas anyák báránynak választási arányára a fogamzási időszak nem gyakorolt hatást. Az egy anyára vetített választott bárány szám mind a gyapjas x szőrös F1, mind a fajtatiszta szőrös és vedlő gyapjas juhoknál, illetve azok egymás közötti keresztezett egyedeinél meghaladta a hazai szapora merinó és cigája állományok esetében tapasztalt ugyanezen értékeket. A jelölt vizsgálta a szőrös és vedlő gyapjas fajták keresztezése nyomán született jerek későbbi ivari funkcióinak progeszteron profilját és ezen jerek képalkotó módszerekkel felvételezett zsírdépő telítettségét. Szignifikáns összefüggést mutatott ki a petefészek aktivitás és az átlagos napi testsúly gyarapodás között. A petefészek aktivitás és a környezeti hőmérséklet, valamint a relatív páratartalom között gyengén közepes, valamint enyhén negatív kapcsolatot talált. A merinó anyaságú szomáli és barbadoszi apaságú jerek ivarérése lényegesen korábban következett be, mint a fajtatiszta merinó jerek esetében.

REPRODUCTIVE SEASONALITY IN VARIOUS GENOTYPES OF FEMALE SHEEP

GERGELY GYIMÓTHY

University of Debrecen, Debrecen

The candidate studied the conception rates in a hairy and shedding wool sheep population during a 5 year period. The Dorper, Barbados Blackbelly and Somali ewes showed high conception rates both in and out of the breeding season. The examined hairy and shedding wool genotypes could be bred under Hungarian conditions all the year around. There were no environmental effects on the weaning rates in the out of season period, the reproductive patterns of hairy and shedding wool genotypes had significantly better parameters in Hungary than the traditional breeds, the Prolific Merino and Tsigai. There was a very strong significant correlation between ovarian activity and average daily weight gain. Weak, non significant correlation was found between oestrus behaviour and some meteorological factors. The Hungarian Merino x Somali F1 and the Hungarian Merino x Barbados Blackbelly F1 crossbred females had their puberty much earlier than the Hungarian Merino ewes.

A HOLSTEIN-FRÍZ SZARVASMARHÁK KONDÍCIÓJA ÉS EGYES ÉRTÉKMÉRŐ TULAJDONSÁGAI KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK

MIKÓ JÓZSEFNÉ JÓNÁS EDIT

Debreceni Egyetem, Debrecen

A jelölt a holstein-fríz szarvasmarhák kondíciója és egyes értékmérő tulajdonságai közötti összefüggéseket vizsgálta nagyüzemi körülmények között tartott szarvasmarha-állományokban (40 alkalommal 1503 tehén kondícióját bírálta). Elemezte a tejelő szarvasmarha-tenyésztés meghatározott területein (tejtermelés, szaporodás) a kondíciópontozás használatának lehetőségét, előnyeit, jelentőségét, a küllemi paraméterek és a kondíció kapcsolatát, továbbá a kondíció öröklődhetőségét valamint a genotípusos és fenotípusos korrelációkat.

Eredményei alapján a következő megállapításokat tette:

- Magyarországi nagyüzemi állományokban a laktáció alatt a napi tejtermelés 2,5-3,0 kondíciópontszám mellett ingadozik legkevésbé. A laktáció 100. napjáig termelt tej mennyiségét kedvezőtlenül befolyásolta az alacsony eléskori kondíció ($KP=2$).
- Az ellés utáni kondíciócsökkenés negatív irányba befolyásolta az első termékenyítésig eltelt időszak hosszát. Ez az időszak az elléskor 2,5 és 3,5 pontszám közötti kondíció pontszámú egyedeknél volt a legrövidebb. A termékenyítési index alakulására a kondíciónak nem volt hatása.
- Nagy létszámú állományokban a kondíció öröklődhetőségi értéke 0,25 és 0,49 között változott. A kondícióbírálatokat a laktáció harmincadik napja után célszerű végezni, mert ebben az időszakban jobban megmutatkozik az egyedek közötti genetikai különbség.

CORRELATION BETWEEN BODY CONDITION AND SOME PRODUCTION TRAITS IN HOLSTEIN-FRIESIAN CATTLE

EDIT JÓNÁS MIKÓ

University of Debrecen, Debrecen

The correlation between body condition and some production traits in Holstein-Friesian cows was studied on large scale dairy farms in Hungary (when the body condition of 1503 cows was estimated on 40 occasions). The possibilities of the use, the advantages and the significance of the body condition scoring system in some areas of cattle breeding (milk production, reproduction) were analysed. The connection between the functional type traits and the BCS were examined, as well. The phenotypic and genetic correlations and the h^2 value of the body condition were also estimated.

The following results were obtained:

- The most remarkable fluctuations of milk production during the lactation were observed between 2.5 and 3.0 BCS on large scale dairy farms in Hungary. The amount of milk produced until the 100th day of the lactation was unfavourably affected by the low body condition score at calving ($BCS=2.0$).

- The length of time until the first insemination was negatively influenced by the body condition decrease after calving. This period was the shortest in the groups with BCS 2.5-3.5 at calving. The fertility index was not affected by the BCS.
- The heritability value of body condition was between 0.25 and 0.49 on large scale dairy farms. Body condition scoring should be carried out after the 30th day of lactation since the genetic differences between the animals are more apparent in this period.

AZ ŐZ AGANCSMINŐSÉGÉT BEFOLYÁSOLÓ EGYES KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK HATÁSA

LEHOCZKI RÓBERT

Szent István Egyetem, Gödöllő

Magyarországon az európai őz (*Capreolus capreolus*, Linnaeus, 1758) kimagasló vadgazdálkodási jelentőségű. Az őzgazdálkodás középpontjában az agancsméret áll, így vadgazdálkodási és – mint másodlagos nemi jelleg – ökológiai szempontból is fontos a trófea (agancs) méretét befolyásoló környezeti tényezők minél szélesebb körű megismerése. A jelölt a talajtani adottságok, valamint a környezeti jódeloszlás szerepét vizsgálta az agancsfejlés szempontjából. Regressziós modelleket állított fel, amelyekhez vadgazdálkodási egységenként meghatározta a 10 éves (1997–2006) átlagos trófeasúly, őszsűrűség és hasznosítási arány értékeit (mint indexeket), valamint a talajtani (talaj főtípusonkénti területarány a vadászterület teljes területéhez viszonyítva, átlagos talajértékszám), a felszínborítási (mezőgazdasági területarány a vadászterület teljes területéhez viszonyítva és erdőterületek szegélyhossza) és a vízbázis jódtartalom adatokat. Bizonyítást nyert, hogy a talaj főtípusok közül a réti talajokhoz, a csernozjom talajokhoz és a szikes talajokhoz köthetők leginkább a nagyobb agancssúlyok Magyarországon. Az általános és kvalitatív jellemzőkre építő talajértékelési módszerek jobban alkalmazhatók vadbiológiai és vadgazdálkodási szempontból, mint a speciális, kvantitatív értékmérők. Az általános talajértékelés (pl. a talaj típusa) magában foglal olyan környezeti tényezőkre vonatkozó információkat is, amelyek kapcsolódnak a talaj bizonyos tulajdonságaihoz és szintén hatást gyakorolnak az őz agancsméretére (pl. felszínborítási jellemzők). Ugyan a talaj termékenység az a talajtani jellemző, amelynek legnagyobb jelentősége lehet a vadonélő fajok teljesítményének (produkciójának) meghatározásában, de egyéb környezeti tényezők, mint a felszínborítás típusa jelentősen módosíthatják hatását. Annak ellenére, hogy a mezőgazdasági műveléssel jellemezhető területek nagyobb őz trófeasúlya az utóbbi évtizedekben közismert megállapítássá vált, több tényező együttes vizsgálatával először a jelen disszertációban került bizonyításra a mezőgazdasági területek agancssúlyokra gyakorolt pozitív hatása. A jó környezeti eloszlásának hatása kimutatható az őz trófeasúlyában meglévő területi különbségekben. Így a jódhány limitáló tényező lehet, amely gátolhatja az őz optimális agancsfejlésben megnyilvánuló teljesítményét.

THE EFFECTS OF SELECTED ENVIRONMENTAL FACTORS ON ROE DEER ANTLER QUALITY

RÓBERT LEHOCZKI

Szent István University, Gödöllő

The European roe deer (*Capreolus capreolus*, Linnaeus, 1758) is highly important in the game management of Hungary. Hungarian wildlife management focuses on antler size, and trophies can be considered as the most important

management indicators. From the aspect of wildlife management as well as from ecological aspects, it is important to gain knowledge of factors influencing antler quality. The candidate studied the role of soil parameters and environmental iodine concentration in the antler development of roe deer. He used the territory of game management units (GMUs) as observation units and calculated ten-year means (1997-2006) of antler weights, population density and harvested numbers (as population indices) for each of the GMUs. Furthermore, he determined pedological data (area proportions of the main soil types, average soil fertility values), land cover data (area proportions of agricultural lands and forest edge length), and water base iodine content data for each of the GMUs. It was demonstrated that chernozem, meadow, and salt affected soils provided the best chances for the highest quality of roe deer trophies from the pedological point of view in Hungary. The candidate concluded that simplified (general and qualitative) methods of soil evaluation, e.g. classification into soil types, are more sufficient for wildlife management purposes to predict antler weight of roe deer than specific soil fertility values (special and quantitative). General soil evaluation (e.g. main soil types) probably includes information on other factors, which are related to certain soil attributes and also have an effect on antler development (e.g. land cover parameters). Among the soil parameters probably the soil fertility has the highest effects on the production of game animals, but other affecting factors, such as types of land cover can modify its effects. The present results evidenced that roe deer antler size is larger in regions characterized by agricultural areas. The results also indicated that the distribution of iodine in the environment has a definite effect on roe deer antler weight, therefore iodine deficiency can be an additional factor constraining optimal deer performance in antler development.

OOCYTA TRANSZPLANTÁCIÓ HALAKON (PETESEJT ÁTÜLTETÉS ZEBRADÁNIÓ (*DANIO RERIO*) HALFAJON)

CSENKI ZSOLT IMRE

Szent István Egyetem, Gödöllő

A csontoshalak ivarsejtjeinek tanulmányozása hosszú múltra tekint vissza, ennek ellenére, elsősorban a petesejtfejlődéssel, petesejtmélyhűtéssel kapcsolatban számos olyan kérdés merül fel, melyek a megfelelő eljárások hiánya miatt, eddig nem kerültek megválaszolásra. Hasonló a helyzet az anyai hatású faktorok vizsgálatánál is, bár itt elsősorban nem a hiányzó technológiák, hanem a meglévők bonyolultsága és időigénye miatt van szükség új eljárások kidolgozására. A jelölt vizsgálatai egy olyan új kísérleti módszer, a follikulus transzplantáció és oocyta mikromanipuláció kidolgozására irányultak, amely segítséget nyújthat az oogenezis folyamatának jobb megismeréséhez, az anyai eredetű ivarsejtek mélyhűtés utáni ikrává érleléséhez és az anyai hatású faktorok elemzéséhez. A vizsgálatokat zebradánió halfajon végezte, kihasználva a fajból leírt, illetve megalkotott nagy számú mutáns és transzgenikus vonal adta lehetőségeket. Donorként minden esetben *-actin:YFP* jelölésű transzgenikus zebradánió anyákat, recipiensként AB vad típusú, vagy *gold* mutáns egyedeket használt. Korai fejlődési állapotú follikulusokat transzplantált recipiens anyák petefészkébe, majd több lépésben bizonyította, hogy a módszer működőképes, a donor follikulusok képesek megtapadni és továbbfejlődni a recipiens petefészekben, illetve belőlük, ha kis mennyiségben is, de termékenyítésre alkalmas ikra, majd életképes embrió nyerhető. Sikert azt is bizonyítani, hogy a transzplantálás semmilyen kárt nem okoz a donor follikulusból származó egyedekben. Meghatározta a zebradánió follikulusok különböző fejlődési stádiumainak eléréséhez szükséges időpontokat. Az I-es fejlődési stádiumú follikulusból egy hét alatt III., két hét alatt IV. stádiumú follikulus, három hét múlva érett ikra fejlődik. Meghatározta a zebradánió petefészkében az eltérő fejlődési állapotban lévő follikulusok egymáshoz viszonyított arányát is a szaporítás után közvetlenül és az azt követő négy hétben. Az oocyták mikromanipulációjával kapcsolatos vizsgálatok során *DsRed* mRNS-t, *p-actin:LacZ* és *pCMV:GFP* konstrukciókat juttatott az oocytákba. Egynapos inkubálási idő után mind az mRNS, mind a DNS konstrukciók működését sikerült megfigyelnie, ezzel egyértelműen bizonyította, hogy az oocyták közvetlen manipulálása megvalósítható. A kidolgozott follikulus transzplantációs technikával lehetővé válhat az oocyta mélyhűtés gyakorlati felhasználása a haltenyésztésben, illetve új információkat nyerhetünk a csontoshalak szaporodásbiológiájával kapcsolatban. A transzplantációs eljárás a mikromanipulációs technikával kiegészítve, az anyai faktorok hatékony befolyásolásán keresztül, segítséget nyújthat azoknak a géntermékeknek az azonosításában, melyek az oocytában aktiválódnak és így részt vesznek az oocyta-fejlődésben és az embriogenezisben.

OOCYTE TRANSPLANTATION IN FISH [FOLLICLE TRANSPLANTATION IN ZEBRAFISH (*DANIO RERIO*)]

ZSOLT IMRE CSENKI

Szent István University, Gödöllő

Gametes of teleosts have long been studied, mainly due to the lack of adequate methods; many problems concerning oocyte development and cryopreservation still remain unsolved. The same is true for maternal factors, though instead of missing technologies, it is the complexity and high time consumption that establish a claim for new methods. The thesis mainly focuses on the development of new experimental methods, the follicle transplantation and oocyte micromanipulation that enable the better understanding of oogenesis and provide new information on the maturation process of the female gamete and maternal effect studies. Based upon the possibilities arising from the huge amount of data and the availability of several transgenic and mutant strains, the zebrafish was chosen as an experimental model. The *-actin:YFP* transgenic line was used as a donor, while recipients were always individuals of the *gold* mutant strain. In Early stage follicles were transplanted into the ovary of recipient females, then confirmed (in several steps) that donor follicles could indeed adhere and develop in the recipient ovary from which even in a small amount, fertile eggs and viable embryos were produced, that underlie the applicability of the method. The latter result also demonstrates that transplantation has no adverse effect on the individuals originating from the donor follicles. The new method also offered the possibility to determine the length of follicle developmental stages. Primary follicles reached the tertiary stage in one week, the quaternary in two weeks and developed to mature eggs in three weeks. The candidate determined the intra-ovarian ratio of follicles in different developmental stages immediately after spawning and in the subsequent four weeks. In order to study the possibility of oocyte micromanipulation *DsRed* mRNA, p *-actin:LacZ* and pCMV:*GFP* constructs were introduced into the oocytes. After one day incubation, the mRNA and the injected constructs were also expressed, indicating the feasibility of direct oocyte micromanipulation. The newly developed follicle transplantation process could serve a basis for oocyte cryopreservation to be practically used in fisheries and provide new information on the reproductive biology of teleosts. The transplantation method, combined with micromanipulation techniques (if affecting maternal factors) could help the identification of gene products that activated in the oocyte, play a role in oocyte development and embryogenesis.

A VÉRMÉRSÉKLET ÉRTÉKMÉRŐ TULAJDONSÁGKÉNT VALÓ ALKALMAZHATÓSÁGA A JUHTENYÉSZTÉSBEN

PAJOR FERENC

Szent István Egyetem, Gödöllő

A magyar juhtenyésztés versenyképességének növelése megköveteli a tenyésztői munka, ezen belül az értékmérő tulajdonságok folyamatos fejlesztését. Emellett fontos az állatok viselkedésének tanulmányozása is, mivel azok a külső környezettel (benne az emberrel együtt) állandó kölcsönhatásban vannak, és mind gazdasági, mind állatvédelmi szempontból egyaránt rendkívül fontos, hogy az egyes állatok az adott technológiát jól tűrik, vagy sem. Ezért nagy jelentőségű a viselkedés, pl. vérmérsékletének vizsgálata. Az állatoknak az emberi bánásmódra, technológiára adott válaszreakcióit kifejező tulajdonsága a vérmérséklet. A jelelt vizsgálta a juhok vérmérsékletét befolyásoló egyes tényezőket, az anyajuhok és bárányaik vérmérsékletének és néhány vérparaméterének összefüggéseit, a hízóbárányok vérmérsékletét és fontosabb hizlalási és vágási tulajdonságait, valamint az anyajuhok vérmérsékletének és tejtermelésének összefüggését.

Új tudományos eredmények:

- Jelentős különbségek mutatkoztak a különböző fajtájú és apaságú bárányok vérmérséklete között.
- A vérmérséklet és a vér kortizol koncentrációja között szoros összefüggés mutatható ki mind az anyajuhok, mind a bárányok (hizlalás végén) esetében.
- A nyugodt vérmérsékletű bárányok hizlalási és vágási teljesítményei jobbak voltak, mint az ideges vérmérsékletű társaiké.
- A nyugodt vérmérsékletű cigája fajtájú anyajuhoknak, extenzív körülmények között, nagyobb volt a laktációs tejtermelése, összehasonlítva az ideges vérmérsékletű társaikkal.

ADAPTABILITY OF TEMPERAMENT AS A PRODUCTION TRAIT IN SHEEP BREEDING

FERENC PAJOR

Szent István University, Gödöllő

To increase the competitiveness of the Hungarian sheep industry continuous development is required in breeding work, including the improvement of production traits. Studying the behaviour of animals is also important since they are in permanent interaction with their environment (including humans as well), and both economical and animal welfare considerations support the fact that they should tolerate a certain keeping technology well. Accordingly, it is important to investigate animal behaviour such as animals' temperament. Temperament is defined as the animal's behavioural response to handling by humans and keeping technology. The studies were related to some factors affecting temperament, to the relationships between temperament and some blood parameters in ewes and

lambs, to the relationships between temperament and fattening and as well as slaughter traits of lambs, and the relationship between temperament and milk production of ewes.

The observations were as follow:

Temperament of lambs was influenced by genotype and sire.

Strong relationship was revealed between temperament and blood cortisol concentration both in ewes and lambs (at the end of fattening).

Lambs with calm temperament had higher fattening and slaughter performance than nervous ones.

Calm Tsigai ewes kept under extensive conditions produced significantly more milk compared to nervous ewes.

A TERMÉSZETES EREDETŰ KAROTINOIDOK FELSZÍVÓDÁSA ÉS SZÖVETI ELOSZLÁSA HÁZITYÚKBAN

GREGOSITS BALÁZS

Szent István Egyetem, Gödöllő

A jelölt a természetes eredetű karotinoidok felszívódását és szöveti eloszlását vizsgálta a házityúk különböző korcsoportjaiban. Célkitűzése a házityúk zsíryanycserével kapcsolatos speciális területen, a karotinoid metabolizmussal összefüggésben, a következők voltak:

- A likopinkiegészítés tojtyúkok karotinoid- és lipidanyagcseréjére és a tojásba történő beépülésére gyakorolt hatásának megismerése.
- Likopin, lutein és β -kriptoxantin kiegészítést követő felszívódás tanulmányozása a kelést követő 72 órában naposcsibékben.
- Tojtyúkok likopin, β -karotin és lutein felszívódásának megítélése.
- A természetes karotinoidok raktározódásának és szöveti megoszlásának kutatása.

A kísérleti állatok különböző természetes eredetű karotinoid kiegészítésben (likopin, lutein, β -kriptoxantin, β -karotin) részesültek a meghatározott életkorban. A kapott eredmények analízisa a biológiai mintákból (szérum/plazma, máj, szik) kémiai (koleszterin/HDL koleszterin, triglicerid, FRAP, TBARS) és nagynyomású kromatográfia (HPLC) módszerrel, valamint reflektancia spektrometriával, és Yolk Colour Fan próba alkalmazásával történtek.

A jelölt azt találta, hogy a különböző mértékű és kombinációjú karotinoid etetés (likopin, β -karotin, lutein) a tojóknban egyértelmű felszívódással jár, melynek mértéke vélhetően összefüggésben áll a molekulák eltérő szerkezetéből (polaritásából, azaz oldékonyságából) adódó portomikronba történő beépülés arányával. Az apoláros likopin és β -karotin csúcsai már a 6., az oxikarotinoid (lutein) csúcsai pedig a 12. órában adnak maximális értéket. Ezt követően a likopin kivételével, ami elnyújtott, de kisebb mértékű növekedést mutat, a karotinoidok fokozatosan visszatérnek a kiindulási szintre. Kombinált adagolások esetén a felszívódás tekintetében szintén szignifikáns emelkedés tapasztalható, azonban az apoláros likopin rontja az oxikarotinoidok (lutein, zeaxantin) hasznosulását, továbbá antioxidáns hatása vasredukciós képesség mérésével nem, TBARS módszerrel viszont igazolható volt. A korai posztembrionális korban (napos csibék; a kikeléstől számított megközelítőleg 3 napig, illetve 72 óráig) a karotinoid felszívódás szinte kizárólag a szikzacskóból történik, mivel annak tartalma a szikbéljáraton át ürülő tartalom és a bélszakasz retroperisztaltikája akár a duodenumig is tamponálja a bél lumenét, ezzel lehetetlenné teszi a *per os* felvett karotinoidok felszívódását. Ezt látszik alátámasztani az a tény, hogy a szik karotinoidjai közül értelemszerűen hiányzó likopin *per os* adása esetén sem jelent meg a vér karotinoid frakciójában.

AND TISSUE PARTITIONING OF NATURAL CAROTENOIDS IN DOMESTIC FOWL

BALÁZS GREGOSITS

Szent István University, Gödöllő

The candidate examined the absorption and tissue partitioning of natural carotenoids in different age-groups of the domestic fowl.

Objectives of the studies were as follows:

- To have more information about the effects of lycopene supplementation on the laying hens' carotenoid and lipid metabolism and on the infiltration into the egg.
- The post-supplementary absorption of a few natural carotenoids (lycopene, lutein, β -cryptoxanthin) in newly hatched chickens at 0-72 hours of age.
- Estimation of the carotenoids (lycopene, β -carotene, lutein) absorption in laying hens.
- Studies on the storage and tissue partitioning of the natural carotenoids.

The experimental animals received different natural carotenoids (lycopene, lutein, β -cryptoxanthin, β -carotene) at a certain age. The analysis of the biological samples (serum, plasma, liver, yolk) was carried out by chemical (cholesterol/HDL cholesterol, triglyceride, FRAP, TBARS) and high pressure chromatography (HPLC) methods, as well as by reflectance spectrometry, and Yolk Colour Fan test. The different extent and combination of carotenoid supplementation (lycopene, lutein, β -carotene) resulted in absorption in laying hens, the extent of this absorption was probably in related to the proportion of the infiltration into the portomicron of the molecules, which is associated with the divergent structure of the molecules (polarity, i.e. solubility). The non-polar lycopene and β -carotene and the oxy-carotenoid (lutein) peaks appeared at the 6th and 12th hours, respectively. Afterwards the carotenoids are progressively returned to the starting level, with the exception of the lycopene, which showed a prolonged but less extensive growth. In case of the combined dosages the absorption was significant, but the non-polar lycopene damaged the efficacy of the oxy-carotenoids (lutein, zeaxanthin), besides the antioxidant effect could not be proved by the FRAP method, but by TBARS. In the early post-embryonic period (day-old chicks; approximately for 3 days or 72 hours) carotenoid absorption was exclusively from the yolk sac as the upper small intestine was full of yolk material, i.e. *per os* carotenoid application could not reach the absorptive surface.

HÚSTÍPUSÚ TEHENEK ÉLETTARTAM ÉS REPRODUKCIÓS TULAJDONSÁGAINAK ÉRTÉKELÉSE

ZSUPPÁN ZSUZSA

Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely

A Jelölt kutatási témája a hazai gyakorlatban haszonvétellel járhat, hiszen a hasznos élettartam, mint funkcionális tulajdonság, egyre inkább előtérbe kerül a tenyészcélok és szelekciós indexek kidolgozása során. A tenyésztő döntése (esetleges selejtezés) ezzel együtt is meghatározó a tehenek élettartamának, tenyésztésben tartásának szempontjából. Franciaországi alapadatokat felhasználva a selejt tehén értékesítési ára, hasított féltest súlya és annak ára a tehenek életkorának előrehaladtával folyamatosan csökken. Ez arra enged következtetni, hogy a francia tenyésztők számára a hosszú életkor nem elsődleges szempont, mert selejtezőkor a 7-8 éves selejt charolais tehén vágóértéke még elfogadható, ami pedig pótolja azt a veszteséget, melyet az életkor növelése esetén a több borjúból adódó haszon biztosított volna a termelőnek. Míg Magyarországon a selejt tehén piaci értéke alacsony, a hazai tenyészértékbecslés eredményei rámutattak arra, hogy az élettartam tulajdonságok kis öröklődhetősége ellenére is van genetikai variancia és szelekciós lehetőség az egyes fajták esetében, addig Franciaországban a tenyésztők viszonylag korán selejteznek, hiszen a charolais tehenek életkoruk előrehaladtával piaci értékükből veszítenek.

PRODUCTIVE LIFETIME AND REPRODUCTIVE PERFORMANCES OF BEEF COWS

ZSUZSA ZSUPPÁN

University of Pannonia, Georgikon Faculty, Keszthely

The selected research topic can be of great practical significance, since the useful longevity, as a functional trait, is increasingly considered when breeding goals and selection indexes are worked out. The results of the present studies can be of practical use for the producers when making culling decisions. Based on French research data, the selling price of the culled cows, the carcass weight and price correlate to the culling age and depend on significantly how long the Charolais cows remain in production. The French breeders are not interested in long productive life, since the 7-8 year-old culled cows still command a decent sale price, which makes up for the loss in calf production. In contrast to France, in Hungary, the market price of culled cows is low. The results of the candidate's research in breeding value estimation had revealed that, despite the low heritability of reproduction performance there is enough genetic variance and bull selection has great practical significance.

TARTALOM – CONTENTS

<i>Kovács Levente – Szentléleki Andrea – Tőzsér János: A szívritmus-variancia kutatása szarvasmarhában. Irodalmi áttekintés 1. közlemény. A szívritmus-variancia vizsgálatának élettani alapjai és módszertana (The research of heart rate variability in cattle – a review. Part 1. The physiological background and the methodology of heart rate variability measurement)</i>	3
<i>Zakar Erika – Oláh János – Jávör András – Kusza Szilvia: Mikroszatellit markerek felhasználása a házi méhek (<i>Apis mellifera</i> L.) kutatásában. Irodalmi összefoglaló [The use of microsatellite markers in the study of honey bee (<i>Apis mellifera</i> L.) (Review article)]</i>	37
<i>Farkas Valéria – Kovács Katalin – Holló Gabriella – Zsolnai Attila – Szabó Ferenc – Anton István: A szarvasmarha DGAT1 gén K232a polimorfizmus hatása holstein-fríz és jersey tehenek tejtermelési (Effect of the DGAT1 gene K232a polymorphism on milk production traits in Hungarian Holstein-friesian and jersey cows)</i>	47
<i>Kovács Levente – Szentléleki Andrea – Tőzsér János: A szívritmus-variancia kutatása szarvasmarhában. Irodalmi áttekintés 2. közlemény. A szívritmus-variancia kutatások eredményei (The research of heart rate variability in cattle – a review. Part 2. Summary of the results of heart rate variability researches)</i>	57
<i>Bene Szabolcs – Giczi Anita – Nagy Barnabás: Különböző fajtájú tenyészkancák élő súlya és testméretei. 9. közlemény. A nőniusz (Data to the body measurements and live weight of brood mares of different breeds. 9th paper. The Nonius)</i>	73
<i>Bene Szabolcs – Nagy Barnabás – Giczi Anita – Polgár J. Péter: Különböző fajtájú tenyészkancák élő súlya és testméretei 10. közlemény. Regressziós modellek és populációgenetikai paraméterek a nőniusz fajtában (Data to the body measurements and live weight of brood mares of different breeds. 10th paper. regression models and population genetic parameters in nonius breed)</i>	87
<i>2011-ben sikeresen megvédett PhD értekezések (1. rész) (PhD dissertations in the year of 2011 (Part 1.)</i>	99

THE HISTORY OF THE

The history of the world is a story of the human race, of its struggles, its triumphs, its failures, and its progress. It is a story of the human mind, of its discoveries, its inventions, its art, and its science. It is a story of the human heart, of its loves, its hates, its hopes, and its fears. It is a story of the human spirit, of its courage, its faith, its hope, and its charity. It is a story of the human race, of its struggles, its triumphs, its failures, and its progress. It is a story of the human mind, of its discoveries, its inventions, its art, and its science. It is a story of the human heart, of its loves, its hates, its hopes, and its fears. It is a story of the human spirit, of its courage, its faith, its hope, and its charity.

ÚTMUTATÓ A KÉZIRATOK ELKÉSZÍTÉSÉHEZ

Az Állattenyésztés és Takarmányozás kéthavonta megjelenő tudományos folyóirat, foglalkozik az állattermék-előállítás valamennyi ágával, beleértve az összes állatfajt, azok tenyésztését, tartását, takarmányozását és az életfolyamatokkal kapcsolatos minden kérdéskört. Közöl elsősorban eredeti tudományos közleményeket, de egyes esetekben a tárgykörhöz tartozó szakirodalmi áttekintéseket és szükség szerint időszerű termeléspolitikai koncepciókat, szemle cikkeket. Tájékoztató cíllal ismertet disszertációkat, beszámolókat tudományos rendezvényekről, összefoglalókat az egyetemek és a kutatóintézetek kiadványaiból. A cikkeket magyar vagy angol nyelven, az összefoglalókat, a táblázatokat és az ábraszövegeket mindkét nyelven közli.

A kéziratokat kettő példányban, nem szerkesztett változatban, írógéppel, vagy nyomtatóval jól olvashatóan leírva kell a szerkesztőség címére megküldeni. Csatolandó valamennyi szerző nyilatkozata arról, hogy hozzájárul a közlemény megjelenéséhez, és egyet ért annak tartalmával. A beérkezett kéziratokat a szerkesztőség (anonim) lektoráltatja, és amennyiben szükséges (ugyancsak anonim) visszaküldi a szerző(k)nek a végleges változat elkészítése érdekében.

Az elfogadott közlemények végső változatát elektronikus verzióban és egy kinyomtatott példányban kell a szerkesztőség címére beküldeni. A közlés költségmentes, az első szerző öt példányt kap a lap aktuális számából, és megkapja cikkét pdf kiterjesztésben.

Felvilágosítás a közléssel kapcsolatban, a szerkesztőségben:

Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet, 2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1.,
Tel.: 23-319-133/256; Fax: 23-319-133; E-mail: szerk@atk.hu.

Az útmutató teljes szövege, az Állattenyésztés és Takarmányozás. 2004. 53. 2. számában a 193–195. oldalon olvasható, illetve az Internetről letölthető:

<http://www.atk.hu/magyar/MagyHaszUt.htm>

GUIDE FOR AUTHORS

The Hungarian Journal of Animal Production is a bimonthly scientific journal dealing with all of the branches of animal production, including all of the species, their breeding, keeping and feeding, and the whole sphere of question's connected to their vital processes. Mainly original scientific papers, but in some cases also review articles and up-to-date production political conceptions are published. Information is given on dissertations, scientific meetings and on reports of universities and research institutes. Articles are published in Hungarian or English, summaries, texts of tables and figures in both languages.

Manuscripts should be sent in two copies, written in well readable in non-reduced form by typewriter or printer to the address of the editorial office. All authors have approved the paper for release and are in agreement with its content. Manuscripts are anonymously reviewed, and if necessary (also anonymously) returned to the author(s) for the formation of the final version.

The final versions of the accepted publications should be submitted in electronic version plus in one printed copies to the address of the editorial office. Publishing is free of charge, five exemplar of current journal and per e-mail the pdf version of paper are sent to the first author.

Publication related information may be obtained from the editorial office: Research Institute for Animal Breeding and Nutrition, H-2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1., Phone: +36-23-319-133/256; Fax: +36-23-319-133; E-mail: szerk@atk.hu.

Full text (in English) of guide for authors see on the Internet:

<http://www.atk.hu/english/AngHaszUt.htm>

Állattenyésztés és Takarmányozás

Alapította Prof. Czakó József (1952)

Founded in 1952 („Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

Főszerkesztő (Editor-in-chief): FÉSÜS László (Herceghalom)

A szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

BREM, G. (Ausztria)	BODÓ Imre (Szentendre)	MÉZES Miklós (Gödöllő)
HODGES, J. (Ausztria)	FÉBEL Hedvig (Herceghalom)	MIHÓK Sándor (Debrecen)
NOBORU, M. (Japán)	GUNDEL János (Herceghalom)	NÉMETH Csaba (Budapest)
ROSATI, A. (EEAP, Olaszország)	HIDAS András (Gödöllő)	RÁTKY József (Herceghalom)
VERSTEGEN, M.W.A. (Hollandia)	HOLLÓ István (Kaposvár)	SZABÓ Ferenc (Keszthely)
	HORN Péter (Kaposvár)	TŐZSÉR János (Gödöllő)
	HULLÁR István (Budapest)	VÁRADI László (Szarvas)
	KOVÁCS József (Keszthely)	WAGENHOFFER Zsombor (Budapest)
	KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin (Mosonmagyaróvár)	ZSARNÓCZAY Gabriella (Budapest)
	MEZŐSZENTGYÖRGYI Dávid (Budapest)	

**Szerkesztőség:
(Editorial office):** Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
Research Institute for Animal Breeding and Nutrition
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.
T/F: (+36) 23-319-133 – E-mail: – <http://www.atk.hu>
Szerkesztőségi munkatárs: SIPICZKI Bojana

A cikkeket kivonatolja a CAB International (UK) az Animal Breeding Abstracts c. kiadványban
This journal is abstracted by CAB International (UK) in Animal Breeding Abstracts

Felelős kiadó (Publisher): MEZŐSZENTGYÖRGYI Dávid, a VM VKSZI főigazgatója

HU ISSN: 0230 1814

A kiadást támogatja (sponsored by): Vidékfejlesztési Minisztérium
MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

Előfizetési díj: **1 évre 7800 Ft** (ÁFA-val)

A VM VKSZI megbízásából kiadja: az AGROINFORM Kiadó.

Előfizethető a kiadónál, vagy átutalással a K&H 10200885-32614451 pénzforgalmi jelzőszámra

Nyomta: AGROINFORM Kiadó és Nyomda Kft., 1149 Budapest, Angol u. 34.

A nyomda felelős vezetője: STEKLER Mária